Das homozentrische Sphärensystem des Girolamo Fracastoro

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften
vorgelegt beim Fachbereich Physik
der Johann Wolfgang Goethe - Universität
Frankfurt am Main

von
Fredi Ruths
aus Darmstadt

1978

Frankfurt am Main
1977

Das homozentrische Sphärensystem des Girolamo Fracastoro

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften
vorgelegt beim Fachbereich Physik
der Johann Wolfgang Goethe - Universität
Frankfurt am Main

von
Fredi Ruths
aus Darmstadt

Frankfurt am Main
1977

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Physik
der J.W. Goethe - Universität Frankfurt am Main

Dekan: Prof. Dr. R. J. Jelitto
Erster Gutachter: Prof. Dr. W. Hartner
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. W. Saltzer
Tag der mündlichen Prüfung: 5. Januar 1978
Tag der Promotion: 5. Januar 1978

Die vorliegende Dissertation wurde am Institut für Geschichte der Naturwissenschaften der J. W. Goethe-Universität in Frankfurt am Main angefertigt.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. W. Hartner bin ich für die freundliche Förderung der Arbeit zu großem Dank verpflichtet.

Sehr herzlich danke ich Herrn Prof. Dr. W. Saltzer für zahlreiche Anregungen und Ratschläge.

Gedankt sei auch Frau Dipl.-Bibliothekarin I. Schatz für ihre unermüdliche Unterstützung bei der Beschaffung der Literatur.

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

Seite

1. Einleitung : Ziel der Arbeit

Unter den vielen Werken, welche Papst Paul III. (1534-1549) gewidmet wurden, befinden sich auch zwei in ihren Systemen völlig verschiedene astronomische Werke: " De Revolutionibus Orbium Coelestium " von Nicolaus Kopernikus und " Homocentrica " von Girolamo Fracastoro.

Während Kopernikus ein heliozentrisches System mit Epizykelkreisen entwarf, versuchte Fracastoro eine Darstellung der Erscheinungen durch ein konzentrisch-geozentrisches System. Das durch diesen Ansatz unförmige und auf 77 Sphären angewachsene System des Fracastoro konnte zu dieser Zeit keiner mathematischen Analyse unterworfen werden. Bedingt durch die immer größere Anerkennung des kopernikanischen Systems geriet das homozentrische System des Fracastoro in Vergessenheit und wurde nie ausführlich diskutiert. Schiaparelli schreibt darüber in seiner Untersuchung: " Die homozentrischen Sphären des Eudoxus, des Kallippus und des Aristoteles " : " Die wirkliche homozentrische Lehre findet sich indes noch bei dem Araber Alpetragius, bei Hieronymus Fracastor und bei dem Cosentiner G.B. Amici. [Das Werk des Amici]... ist ein wirklich geistvolles Werkchen und steht hoch über den vielgerühmten homozentrischen Sphären Fracastor's, welche noch Niemand verstanden hat.")[1]

Da es kaum glaubhaft erscheint, daß der als Arzt)[2] und Dichter)[3] in seiner Zeit sehr angesehene Fracastoro ein astronomisches Werk nicht nach einem gründlich durchdachten, wenn auch gewiss irrigen Prinzip geschrieben hat, will ich in meiner Untersuchung neben der Darstellung des homozentrischen Sphärensystems der Homocentrica auch eine Wertung der von Fracastoro durch dieses System versuchten Erklärung der Himmelserscheinungen geben. Diese Arbeit wird, so hoffe ich, die Untersuchung der homo-

zentrischen Sphärensysteme zu einem gewissen Abschluß bringen und dabei das Verständnis für das letzte noch nicht eingehend behandelte System fördern.

Während der Untersuchung wird deutlich, daß Fracastoro, bedingt durch den homozentrischen Ansatz, eine von den üblichen Begriffen abweichende Terminologie benutzt. Deshalb folgt am Ende der Untersuchung ein Glossar, auf das im Text durch das Zeichen)[x] hingewiesen wird. In der Diskussion des Inhalts folge ich dem von Fracastoro gewählten Aufbau der "Homocentrica".

2. Zusammenfassung des Inhalts der " Homocentrica " mit einem Bericht über eine mögliche Quelle und einem Überblick über die Beachtung des Werkes in der späteren Literatur.

2.1. Über das Jahr der Erstausgabe

Als das Jahr der Erstausgabe der " Homocentrica " des Veronesers Girolamo Fracastoro (1478 - 1553))[4] geben Riccardi)[5] , Delambre)[6] , Whewell)[7] und Dittrich)[8] 1535 an. Gillispie)[9] und Dreyer)[10] geben 1538 als Erscheinungsjahr an. Meiner Untersuchung lag die " Homocentrica " als Teil der im Jahre 1584 in Venedig erschienenen " Opera omnia " zugrunde, aus der über das Jahr der Erstausgabe nichts zu ersehen ist.

Die Jahreszahl 1535 erscheint in den " Homocentrica " im 3. Teil in Kapitel 6 : " ... denn von Christi Geburt bis zu unseren Jahren vergingen 1535 Jahre...".)[11] Diese Stelle erwähnt auch Mencke)[12] , und die anderen Autoren haben diese Zahl wahrscheinlich von ihm übernommen. Weiter findet man an dieser Stelle der "Homocentrica" die einzige in diesem Werk gedruckte Randbemerkung : " Fracastorius schrieb die Homocentrica 534 ". Trotz der fehlenden 1 in der Jahreszahl soll hier wahrscheinlich ausgedrückt werden, daß Fracastoro im Jahre 1534 an diesem Werk geschrieben hat.)[13]

Aus anderen Quellen läßt sich belegen, daß Fracastoro schon vor 1534 an einem Werk über homozentrische Sphären gearbeitet hat. In den " Opera " des Kardinals Casparo Contarini (1483 - 1542))[14] ist ein Briefwechsel zwischen Contarini und Fracastoro aufgenommen: Contarini schrieb 1530)[15] an Fracastoro über das ihm von Fracastoro zur Kritik zugeschickte Buch über homozentrische Sphären)[16] und Fracastoro antwortet am 1. Juli 1531 auf diese Kritik.)[17]

Diese kritischen Einwände lassen sich, wie ich an entsprechender Stelle zeigen werde)[18], auf die "Homocentrica" übertragen. Fracastoro muß dieses Werk von 1530 allerdings nochmals überarbeitet haben: die im frühen Werk benutzte Bezeichnung " Contranitens-Sphäre " für eine Sphäre unter der " Circitor-Sphäre ")[19] wird in den "Homocentrica" nicht als Terminus technicus benutzt. Dort hat diese Sphäre die Bezeichnung " Contravectus-Sphäre " .

Damit kann man folgende zeitliche Reihenfolge angeben: 1530 besaß Fracastoro ein ausgearbeitetes Werk über homozentrische Sphären, das er bis 1535 nochmals überarbeitete und das 1535 oder 1538 gedruckt wurde.

2.2. Der Aufbau der "Homocentrica"

Die "Homocentrica" sind in drei Hauptteile gegliedert, denen eine kurze Einleitung vorangeschickt wird.

In der Einleitung berichtet Fracastoro, daß er dieses Werk geschrieben habe, um einer Verpflichtung nachzukommen: er habe dem Joannes Baptista Turrius)[20] an dessen Totenbett versprochen, die von Turrius begonnene Arbeit über homozentrische Sphären zu vollenden.)[21] Fracastoro sagt deshalb, daß er durch dieses Werk " die beiden [von Turrius] gefundenen Bewegungen ")[22] der Sterne für die Nachwelt erhalten will.)[23]

Der erste Teil (fol. 3 - fol. 9) trägt die Überschrift "de principiis" und gliedert sich in 13 Kapitel. In den ersten 10 Kapiteln werden weitgehend nach den Regeln der aristotelischen Physik die Beziehungen zwischen konzentrischen Sphären aufgezeigt. Im Kapitel 12 wird die von Turrius gefundene Sphärenbewegung diskutiert: die Sphären haben " nach ihrer Natur " drei zueinander senkrechte Achsen der Rotation. In den beiden letzten

Kapiteln beschreibt Fracastoro ein System aus drei Sphären, deren gemeinsamer Bewegungsablauf die Bewegung der Trepidation erzeugen soll.

Der zweite Teil (fol. 9 - fol. 25) trägt keine Überschrift und behandelt in den ersten 6 Kapiteln spezielle Probleme der Planetenbewegungen unter Berücksichtigung der im ersten Teil erarbeiteten Prinzipien. Im Kapitel 7 beschreibt Fracastoro die Erklärung der " scheinbaren " Annäherung der Planeten " nach den Astronomen ". Im Kapitel 8 gibt er seine Erklärung der Helligkeitsschwankungen : die Spezies Licht wird in dem Medium der Sphären " gebrochen ")[24]. An dieser Stelle zeigt sich zum ersten Mal ein das ganze Werk durchziehendes Darstellungsprinzip: zuerst wird die Erklärung der Phänomene durch Exzenter, Deferenten und Epizykel gegeben und danach folgt die eigene Erklärung durch homozentrische Sphären)[25]. Die Kapitel 9 bis 17 tragen die Überschrift " de aplane " und behandeln die Bewegung der Fixsterne. Nach der Aufzählung der Beobachtungen und der älteren Theorien der Fixsternbewegung (Kapitel 11) zeigt Fracastoro die scheinbare Stärke seiner homozentrischen Theorie: er gibt, ohne die Namen zu nennen, eine Erklärung der Trepidation des Thabit ibn Qurra durch homozentrische Sphären (Kapitel 13))[26], darauf eine homozentrische Darstellung des Bewegungsablaufs nach den Alfonsinischen Tafeln (Kapitel 14))[27], um dann im Kapitel 15 zur eigenen, im Kapitel 16 durch Messungen belegten Theorie überzugehen.)[28] Erst im Kapitel 15 erhält das System der Sphären seine endgültige Form. Fracastoro benötigt zur Darstellung einer Ungleichheit eines Planeten fünf Sphären: Circumducens-Sphäre, Circitor-Sphäre, Contravectus-Sphäre, Anticircitor-Sphäre und Ultimus-Contravectus-Sphäre. Mit Hilfe dieses Sphärensystems erklärt Fracastoro dann die Bewegungsabläufe des Saturn (Kapitel 18 bis 21))[29], des Jupiter (Kapitel 22 bis 24))[30] und des Mars (Kapitel 25 bis 27))[31].

Der dritte Teil (fol. 25 - fol. 47) behandelt in den Kapiteln 1 bis 10 die durch die Sonnenbewegung erzeugten Zeitmaße und die Erklärung der Sonnenbewegungen nach der homozentrischen Sphärentheorie. Diese Theorie wird in Kapitel 7 zu einer ausführlichen Erklärung der Änderung der Schiefe der Ekliptik benutzt.)[32] In den Kapiteln 11 bis 15 wird die Bewegung der Venus dargestellt. Auch hier werden zunächst im Kapitel 11 die meßbaren Erscheinungen beschrieben, das nächste Kapitel bringt die Erklärung der Bewegungen im Sinne des Ptolemäus, während in den restlichen Kapiteln eine Darstellung der Bewegungen nach der eigenen Theorie gegeben wird.)[33] Mit dem gleichen Aufbau folgt in den Kapiteln 16 bis 19 die Beschreibung der Bewegungen des Merkur.)[34] Die Bewegungsabläufe des Mondes werden in den Kapiteln 20 bis 23 dargestellt.)[35] Zur Erklärung der bei den Finsternissen beobachteten Unterschiede benutzt Fracastoro wiederum optische Phänomene. Die im Kapitel 23 eigeführte sublunare Sphäre dient der Erklärung der Kometenbahnen. Die Lage dieser Sphäre wird durch eigene Beobachtungen festgelegt.)[36] Nach einer kurzen Zusammenfassung des Systems (Kapitel 24) und einer Diskussion der Systeme des Eudoxus und Kallippus schließt das Werk mit einem Kapitel darüber, daß exzentrische Sphären und Epizykel " der Natur nach " nicht in den Sphären vorhanden sein können.

2.3. Über die Quellen der "Homocentrica"

An keiner Stelle der "Homocentrica" findet man die Angabe eines Bezugswerkes. Man muß bei diesem Werk durch ein Detailstudium versuchen, Bezüge zu möglichen Quellen des homozentrischen Systems zu finden. Wenn ich im vorliegenden Kapitel vor einer detaillierten Behandlung des Inhalts der "Homocentrica" auf deren Quellen eingehe, dann geschieht dies gerade wegen dieses Mangels an Zitaten und Hinweisen:

ich will zu einer genaueren Bestimmung des geistigen Standortes der "Homocentrica" den wissenschaftlichen Werdegang des Fracastoro schildern.

Fracastoro war bis 1508 Professor an der Universität zu Padua. Uber diese Hochschule schreibt Randall: "Was Paris im 13.Jahrhundert war, und Oxford und Paris zusammen im 14.Jahrhundert waren, das wurde Padua im 15.Jahrhundert: das Zentrum, in dem die wissenschaftlichen Gedanken Europas zu einem organischen Wissen zusammenwachsen.")[37] Diese Vormachtstellung Paduas wurde möglich, weil unter der Schutzmacht Venedig in einer kommerziellen Welt eine neue Kultur entwickelt werden konnte. Die dort wirkende Schule der italienischen Aristoteliker beschreibt Überweg folgendermaßen: "Obwohl treue Söhne der Kirche und ihren Glaubenslehren sich unterwerfend, lösen sie, die alte Lehre von der zwiefachen Wahrheit aufnehmend, die Naturforschung von den Voraussetzungen und Bindungen der Theologie fortschreitend los. Dabei geraten mehr und mehr auch die metaphysisch-ontologischen Grundlagen des aristotelischen Systems ins Wanken oder werden außer Kraft gesetzt, und es treten dafür die methodischen Probleme der Forschung hervor. Es bezeichnet aber die Grenze dieser Denker, daß sie gleichwohl an den Grundlagen der aristotelischen Naturansicht festhielten und daher kein Verhältnis zu der werdenden mathematisch-mechanischen Wissenschaft ihrer Zeit finden konnten.")[38]

Aus aristotelischen Grundlagen unter Beachtung von Experimenten eine neue Theorie zu entwickeln, ohne dieser aber eine mathematische Form geben zu können, das ist die oben beschriebene Arbeitsweise der italienischen Aristoteliker dieser Zeit. Auch Fracastoro handelt nach diesen Prinzipien: "Wir versprechen, daß wir all das, was bei den Sternen an Erscheinungen sichtbar ist, durch homozentrische Sphären beweisen. Wir

haben dies sehr sorgfältig beachtet und bei auftretenden Schwierigkeiten nichts den Prinzipien Widersprechendes hizugefügt, was gewiß diejenigen machen, welche wie bisher den Beweis mit exzentrischen Sphären führen wollen.")[39]
Wenn nun Rossi diese Aussage zusammen mit der Darstellungsweise des Fracastoro (Beschreibung der Beobachtungen - Theorie "nach den Astronomen" - eigene Theorie) so bewertet, daß Fracastoro deshalb unter die Vorgänger des Galilei eingeordnet werden muß)[40], dann ist dies eine zu starke Aufwertung der Arbeitsmethode Fracastoros. Fracastoro benutzt nur an wenigen Stellen Experimente zur Stärkung seiner Behauptungen, so durch Übereinanderlegen von Linsen zur Vergrößerung)[41] und durch einen Versuch mit einem dem Tellurium ähnlichen Aufbau, der mit Hilfe einer Linse durch veränderte Schatten die Verschiedenheiten bei den Finsternissen erklären soll.)[42]
Diese "Versuche" bilden aber keine Grundlage für das Werk und die Deduktion aus den aristotelischen Prinzipien steht immer über ihnen. Diese Deduktion bedingt, daß eine mathematische Zusammenfassung der Bewegungsabläufe der fünf eine Ungleichheit eines Planeten beschreibenden Sphären nicht gelingt.)[43] Die Darstellung der Bewegungsabläufe der Fixsterne)[44] und der Sonne)[45] geschieht durch einfache Bestimmung einer arithmetischen Folge)[46] und reicht nicht aus, um in den "Homocentrica" eine Grundlage für Tafeln der Planetenbewegungen zu finden.

Neben dem Studium der Literatur, Mathematik und Astronomie wandte sich Fracastoro in Padua hauptsächlich den Studien der Medizin zu. Er war Schüler von Girolamo della Torre (1444 - 1506) und dessen Sohn Marcantonio della Torre (1479 - 1512). Dabei war er Kommilitone des späteren Kardinals Gasparo Contarini)[47] und der Brüder Raimondo und Giovann Battista della Torre. Dadurch wird die Bekanntschaft des Fracastoro mit Giovann Battista

erkennbar, der nach Fracastoro der Entdecker der Prinzipien der "Homocentrica" ist.)[48]

Der Name "della Torre" tritt in den verschiedensten Formen auf: "Turrius", "Turrianus", "Drusianus", "Crusianus", "Crucian", "de Turre)[49] und im deutschen Kulturraum als "Thurn und Taxis".)[50] Die Nachrichten über einen Joannes Baptist Turrius sind, auch unter den oben genannten Namensformen, spärlich und ohne Angabe einer Zeit oder einer Quelle.)[51] Wurzbach erwähnt ohne exakte zeitliche Einordnung einen Postmeister dieses Namens)[52] und im Universal-Lexicon, Leipzig 1745, befindet sich folgende Notiz: "Turrianus (Joh. Baptista) hat zu Franckfurt ein Buch unter dem Titel Jatrobulia, sive Medicinae praxis consultaria, ausgehen lassen. Draudii Bibl. Clas.,p.978."
Die am besten zeitlich bestimmbare Bemerkung fand ich bei Favaro: "Ebensowenig ist von anderen bemerkt worden, daß er [Kopernikus] auch ein Schüler von Girolamo Fracastoro gewesen sein kann, sogar, wie ich meine, gewesen sein muß. Ich denke wenigstens, daß unser Astronom, obwohl er das Studium der Logik in Krakau verfolgt haben wird , es hier wiederholen mußte und vor den anderen, welche diese Vorlesung hielten, dem Fracastoro den Vorzug gegeben hat. Nikolaus Coppernicus, der in sich schon den Beruf eines Neuschöpfers fühlen mußte, mußte mit Notwendigkeit von dem Wunsche erfaßt werden, diesen kaum neunzehnjährigen Jüngling zu hören, der damals schon sich anschickte, die dem Denker bis dahin vorgeschriebene Linie aufzugeben. "Die Jünglinge", sagt Fiorentino, "fliehen stets vor der abgeschlossenen und in gewisse mit dem Cirkel abgemessenen Rahmen, welche dieselben statt sie zu verschönen nur zusammenpressen, eingepferchten Wissenschaft: sie fühlen, daß die Wissenschaft sich bewegen muß und kehren sich immer dahin, von woher der Antrieb dazu ausgeht." Coppernicus mußte sich von dem jungen Docenten angezogen fühlen, der aus

den Vorlesungen seines Mitbürgers Giovanni Battista della Torre schon die Liebe zu den astronomischen Studien kennengelernt hatte, welche ihn dazu führen sollten einer der kräftigsten Gegner der Ptolemäischen Epizykeln zu werden.")[53] Zwischen 1501 und 1505 muß also in Padua ein Giovanni Battista della Torre Vorlesungen über Astronomie gehalten haben. Dies bestätigt auch eine Anmerkung bei Dreyer, daß es vier Brüder della Torre gegeben habe, von denen der Philosoph, Astronom und Mediziner Giovanni Battisti früh verstarb.)[54]

All dies zeigt, daß ein Giovanni Battista della Torre die Grundprinzipien der "Homocentrica" beeinflußt haben kann. Da ich aber weder den Inhalt der Vorlesungen, noch irgendwelche Quellen über Giovanni Battista della Torre auffinden konnte, war es mir nicht möglich, diesen Einfluß näher zu bestimmen.

2.4. Die "Homocentrica" in der späteren Literatur

Girolamo Fracastoro wurde nicht durch seine astronomische Arbeit bekannt, sondern durch sein medizinisches Werk und besonders durch sein Lehrgedicht über die Syphilis.)[55] So fand ich in den Bibliographien immer wieder Ausarbeitungen über die medizinischen Schriften des Fracastoro. Allein der National Union Catalog)[56] enthält ein Verzeichnis von 114 Schriften über dieses Thema, keine einzige hingegen über die "Homocentrica".

Bei der Durchsicht von Darstellungen zur Geschichte der Physik und zur Geschichte der Astronomie fällt auf, daß man die Berichte über die "Homocentrica" in vier Gruppen einteilen kann:

1. Bemerkungen zum homozentrischen System

Die älteste Bewertung dieses Systems fand ich bei Weidler.)[57] Nach einer kurzen Darstellung des Sphärensystems schreibt

Weidler:"Daß er [Fracastoro] diese Ausarbeitung mit grober Unverständlichkeit macht, daß das Ganze sehr der Theorie des Thabit ähnelt, daß die altbewährte Theorie der Exzenter viel klarer und verständlicher ist, all das versteht sich von selbst.")[58] Bailly meint, daß Fracastoro in dem Sinne ein Vorläufer des Kopernikus gewesen sei, daß er die Bewegung der Sterne durch konzentrische und kreisförmige Bahnen beschrieben habe.)[59]

Die ausführlichsten Berichte über die "Homocentrica" fand ich bei Delambre)[60] und Dreyer)[61] . Delambre gibt eine Zusammenfassung des Inhalts, diskutiert diesen aber nicht näher. "Obgleich er [Fracastoro] es behauptet, sind nicht alle seine Kreise homozentrisch und ich sehe nicht ein, warum sie den Exzentern und Epizykeln vorzuziehen sind, denn es wird notwendig, 10 Sphären für den Saturn, 11 Sphären für den Jupiter, 9 Sphären für den Mars, 4 Sphären für die Sonne, 11 Sphären für die Venus, 11 Sphären für den Merkur und 7 Sphären für den Mond zu setzen, was insgesamt 63 Sphären)[62] sind.")[63] Dreyer schreibt vor seiner Darstellung des Sphärensystems: "Es ist zu hoffen, daß Fracastoro selbst sein eigenes System verstanden hat, denn er besaß nicht die Gabe, seinen Lesern eine klare Darstellung seines schwerfälligen Systems zu geben, das er als Ersatz für das elegante geozentrische System des Ptolemäus anbot.")[64]

2. Bemerkungen zu den optischen "Versuchen")[65]

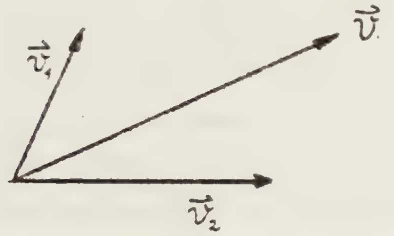
3. Bemerkungen zu den Kometenbeobachtungen)[66]

4. Bemerkungen über die "Zusammensetzung" zweier "Bewegungsrichtungen")[67]

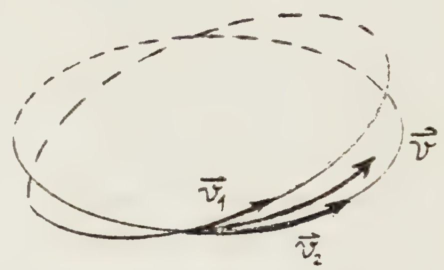
Den für den weiteren Ablauf dieser Untersuchung wichtigsten Hinweis fand ich bei Poggendorf. Dieser schreibt unter Berufung auf ein "Werk De stellis, welches 1540 erschien")[68] , daß Fracastoro schon vor Galilei den Satz vom Parallelogramm der Kräfte geahnt habe. Poggendorf bezieht sich bei

dieser Bemerkung auf § 57 seines Buches, dort berichtet er von den "Homocentrica". Poggendorf macht keine Angaben über die entsprechenden Stellen in den "Homocentrica".)[69]

Dieser Hinweis bestärkte mich im Verlaufe meiner Untersuchung in der Annahme, daß die Bewegungsabläufe, welche Fracastoro in den "Homocentrica" darstellt, aus der Übernahme des in der Ebene richtigen Parallelogramms der Vektoren auf die Bewegungsrichtungen der Äquatorkreise von Sphären entstehen.



Vektorparallelogramm
in der Ebene



Erzeugung einer Bewegungsrichtung aus der überlagerten Bewegung der Äquatorkreise zweier Kugeln mit gegeneinander geneigten Achsen

Dieser Ansatz ist falsch,denn bei der Überlagerung werden nicht die Bewegungsrichtungen der Äquatorkreise als Vektoren betrachtet und miteinander verknüpft, sondern die Überlagerungen der Rotationen zweier Kugeln werden mit Hilfe axialer Vektoren dargestellt.

Es ist klar, daß Fracastoro keine mathematische Beschreibung dieses Vorgangs geben konnte. Er umschreibt, ohne eine feste Regel anzugeben, diese Überlagerung nur mit Worten. Dies bedingt, daß die von Fracastoro benutzten Termini technici von den üblichen Formulierungen in der Astronomie abweichen.

Das Ziel der nächsten Kapitel ist es, nach der Erarbeitung der aristotelischen Grundlagen der Theorie, die von Fracastoro gemachte (falsche) Voraussetzung deutlich herauszuarbeiten und mathematisch zu analysieren.

3. Über die aristotelischen Grundlagen der Theorie

3.1. Die Anordnung der Sphären

Bei der Darstellung der aristotelischen Grundlagen des Systems taucht die Schwierigkeit auf, daß Fracastoro keine Quellen für seine Hypothesen angibt. Ich habe mögliche Bezugsstellen aus dem Werk des Aristoteles nachgewiesen und halte mich im Ablauf meiner Untersuchung an die von Fracastoro gewählte methodisch gute Reihenfolge.

Fracastoro sieht den ersten Beweis für die Bewegung der Gestirne in Sphären nicht in einer Argumentation über den natürlichen Bewegungsablauf, sondern in einer auch von Ptolemäus gemachten Beobachtung: ein im Mittelpunkt einer Kugel befindlicher Beobachter wird bei der Rotation der Sphäre die Teile der Oberfläche so in Bewegung sehen, wie wir die Fixsterne beobachten können. "Wenn wir nämlich die große Anzahl der Fixsterne beobachten, so werden wir vor den Augen geradezu die gemalte Form der Kugel erblicken, welche die Fixsterne fortträgt.")[70] Wir erkennen nämlich, daß "alle Kreise, wenn sie untereinander verglichen werden, gleichzeitig die Sphäre durchlaufen und in sich zurückkehren.")[71] Damit ist eigentlich schon das Problem der Bewegung der Fixsterne auf das Problem der Bewegung einer Sphäre zurückgeführt. Aber wie zur philosophischen Bestätigung dieser auf einer Beobachtung begründeten Aussage sagt Fracastoro danach: "Es ist nämlich in der Natur der himmlischen Körper, daß sie um das Zentrum gedreht werden.")[72]

Bei den Planeten ist durch die Beobachtung der Ungleichheiten eine Zurückführung auf die gleichförmige Rotation einer Sphäre nicht möglich. Fracastoro nimmt zur Erklärung der Planetenbewegungen mit Aristoteles eine scharfe Trennung des Bewegungsablaufs der vier irdischen Elemente von der kreisförmigen Bewegung aller himmlischen Körper an.)[73]

"Diese Verschiedenheit [der Bewegung] kann vielleicht von sich aus bei Lebewesen oder irgendeinem zusammengesetzten Körper geschehen, falls mehrere Werkzeuge zur Bewegung oder verschiedene Ursachen für eine Bewegung vorhanden sind. Dies ist aber nicht so bei einem einfachen und unvergänglichen Körper, wie es der Himmel und alle Himmelskörper sind.")[74] In der Natur der Planeten ist die beobachtete verschiedenartige Bewegung nicht begründet, denn diese müssen sich in Sphären bewegen.)[75] "Wenn sie [die Planeten] sich nämlich nicht in Sphären befinden, sondern von sich aus in Bewegung setzen, so ist es notwendig, daß sie sich entweder im Vakuum befinden, oder aber in einem anderen Körper, der diesem nachgibt, wie es bei der Luft und dem Wasser der Fall ist. Es gibt aber weder ein Vakuum)[76] , noch einen so beschaffenen Körper, der nachgibt.")[77]

Damit ist das Problem der Bewegung aller Gestirne auf das Problem der Bewegung der Sphären zurückgeführt.

Vor der Diskussion der gegenseitigen Beeinflussung der Sphärenbewegungen muß die Reihenfolge und die Anzahl der Sphären bekannt sein. Aus den verschiedenen Bewegungen der Fixsterne und den der Planeten folgert Fracastoro, daß zumindest acht Sphären vorhanden sein müssen. Fracastoro will aber im "folgenden zeigen, daß es noch andere Sphären gibt, die mehr durch "Nachdenken" als durch Wahrnehmung der Sterne ")[78] erkannt werden.

Durch das Funkeln der Fixsterne erkennen wir, daß diese am weitesten von uns entfernt sind.)[79] Bei der Festlegung der weiteren Reihenfolge folgt Fracastoro in dieser "unentschiedenen Sache dem Ptolemäus")[80] : Nach der obersten Sphäre der Fixsterne folgen die Sphären von Saturn, Jupiter, Mars, Sonne, Venus, Merkur und, der Erde am nächsten, die Sphäre des Mondes.

3.2. Über die Ursachen der Sphärenbewegungen

Wegen der in sich selbst zurückkehrenden Bewegung um zwei unbewegliche Pole ist die Bewegung der Sphäre notwendigerweise einfach.)[81] "Wenn aber [in einer Sphäre] nicht immer dieselbe Bewegung vorhanden ist, sondern eine entgegengesetzte und widersprüchliche, so ist kein Zweifel daran, daß eine wirkende Kraft zwischen der bewegenden Intelligenz und der bewegten Sphäre liegt.")[82] Diese Wirkung von Kräften erkennt man aus dem Mitbewegen der unteren Sphären in der täglichen Bewegung und aus der Bewegung der Drachensphäre.)[83] Die Bewegung der unteren Sphären durch die oberen Sphären muß bei allen Sphären vorhanden sein, "denn sie alle besitzen die gleiche Natur.")[84] Die unteren Sphären wirken aber, wie die Beobachtung zeigt, nicht auf die oberen Sphären. "Wenn sich etliche Sphären nicht so verhalten, so ist das wegen einiger gegenläufiger Sphären. Die Ursache für deren Verhalten wird dann deutlich, wenn man erklären kann, wie eine Sphäre eine andere bewegen kann.")[85]

Diese Feststellung führt zum wichtigsten Problem einer jeden Sphärentheorie:

Wie kann eine Sphäre bewegt werden?

Die Beantwortung dieser Frage erfolgt in mehreren Stufen.

Die Sphären werden nicht durch Intelligenzen bewegt!

Die gegen die tägliche Bewegung gerichtete eigene Bewegung der Planeten zeigt, daß eine gemeinsame Intelligenz verschiedene Bewegungen verursachen müßte. "Es ist aber unmöglich, daß es in Einem zwei Formen gibt, die entgegengesetzte Bewegungen bewirken.")[86] Wenn dann notwendigerweise jede Sphäre eine Intelligenz besitzt, müßten, weil die oberen Sphären die unteren bewegen, mehrere Intelligenzen auf die einzelnen Planeten wirken.)[87] Auch dies

widerspricht dem Prinzip der Einfachheit. Eine Diskussion über den Begriff der Intelligenz führt Fracastoro nicht)[88], denn : "Es ist notwendig, daß jede Einsicht eine bildliche Darstellung besitzt. Deshalb erhielten einzelne Sphären für sich eine einzelne Intelligenz.")[89] Fracastoro gibt hier einem Phänomen, dessen letzten Grund er vernunftmäßig nicht erfassen kann, einen althergebrachten Namen. Er argumentiert ähnlich wie Kepler: "Eine gewisse Kraft herrscht über die Sterne, fähig die Form der Kugel zu fassen und somit fähig, Bewegung zu erzeugen. Ich kann sie nicht anders als Intelligenz oder Geist bezeichnen.")[90]

"Jene, welche glauben, daß eine Sphäre von einer Sphäre bewegt wird wie ein Körper von einem Körper, urteilen, wie mir scheint, richtiger!")[91]

Beim Versuch, diesen Satz zu beweisen, macht Fracastoro (im Sinne des Aristoteles) den Fehler, daß er aus dem Verhalten der irdischen Körper Aussagen über das Verhalten der einfachen himmlischen Körper folgert.)[92] Fracastoro zeigt zuerst, daß ein Zusammenhang zwischen der Längen- und Breitenbewegung)[x] besteht. Aus dem Verhalten des Schweren und Leichten bei der Aufwärts- oder Abwärtsbewegung oder bei der zur Senkrechten schiefen Bewegung erkennt man immer einen Widerstand.)[93] Daraus folgt für die Sphären: "Die Bewegungen der Planeten wären entgegengesetzt zu der der ersten Sphäre, wenn beide Bewegungen längs derselben Linie vor sich gehen würden, sie sind sicherlich auch dann entgegengesetzt, wenn sie längs einer schiefen Linie laufen. Denn obgleich die Schiefe in dieser Bewegung nicht entgegengesetzt wirkt, wenn sie nur in der Breite läuft, so wirkt sie dennoch, weil sie sich auch in der Länge dagegenstemmt.")[94] An dieser Stelle findet man die erste Andeutung einer Aussage über die Überlagerung vektorieller Größen, von der Poggendorf berichtet.)[95]
"Die schiefe Bewegung bestzt also die Eigenschaft, daß sie,

falls die Sonne oder einer der Planeten nicht von den darüberliegenden Sphären gehemmt wird, durchaus gleichzeitig nach Osten und Norden und nach Osten und Süden vor sich gehen kann.")[96]

Fracastoro definiert an dieser Stelle den "mittleren Kreis" einer Sphäre: der "mittlere Kreis" (circulus medius) einer Sphäre ist der Äquatorkreis dieser Sphäre.)[x] "Wenn nun eine Sphäre bewegt wird, so bewegt sich jener Teil zuerst, der der Natur nach hervorgehobener und mächtiger ist")[97], nämlich jener größte durch die Rotation erzeugte mittlere Kreis. Dieser mittlere Kreis ist der Sitz des Planeten)[98] und bleibt bei jeder Bewegung der Achse unverändert. "Obwohl die Drachensphäre dauernd ihre Lage ändert und das Haupt des Drachen sich bald in diesem Zeichen, bald in einem anderen befindet, dreht sich die Sphäre des Mondes stets um denselben mittleren Kreis.")[99] Aus der einfachen Natur aller Himmelskörper folgt, daß auch jede planettragende Sphäre ihre Rotation um den mittleren Kreis beibehält. Damit bleibt "jene Bewegung, die durch sich existiert und den Sphären innewohnt, immer dieselbe und geht immer in derselben Art vor sich, wohin auch immer im Universum eine Sphäre durch ein Akzidens gedreht wird.")[100] Da also der Ort des mittleren Kreises bezüglich der Sphäre bei jeder Bewegung der Sphärenachse unverändert bleibt, kann Fracastoro in jeder Sphärenbewegung diese Rotation als eine der Sphäre innewohnende und konstante Größe auffassen. Dies führt ihn zu der Feststellung, daß "alle Sphärenbewegungen keine Gegensätzlichkeit in sich tragen, seien sie gleich oder entgegengesetzt, längs derselben Linie oder schief zueinander und deshalb leisten die gezogenen Sphären keinen Widerstand und die ziehenden Sphären arbeiten nicht.")[101]

Wenn nun eine Sphäre immer ihre Bewegung beibehält, wie kann dann ein Planet auf dem mittleren Kreis einer Sphäre stillstehen?

"Es ist aber möglich,durch sich zu ruhen und durch ein Akzidens bewegt zu werden. So viel man gegen den Fluß läuft, so weit trägt der Fluß in die Gegenrichtung und man wird bewegt und ruht zugleich.")[102] Diese Beobachtung überträgt Fracastoro auf die Sphären. Ein Akzidens bewirkt die Bewegung nach Osten (tägliche Bewegung der auf die unteren Sphären wirkenden ersten Sphäre), die eigene Bewegung ist nach Westen gerichtet. Aus der "gefahrenen und der fahrenden Sphäre wird eine Bewegung zusammengesetzt")[103], durch die der Planet "sich in seinem Orte [der Sphäre] bewegt, aber durch ein Akzidens im Universum ruht.")[104] Die immer noch unbeantwortete Frage nach dem Mechanismus der Weitergabe der Bewegungen findet deshalb eine überraschende Antwort, weil Fracastoro wieder den Ausgangspunkt der Beobachtung, die Bewegung der irdischen Elemente, verläßt. Diese Weitergabe ist kein Schleppen (tractio), kein Anstoßen (impulsio) und kein Mitnehmen (vectio))[105]. "Allein in den göttlichen Körpern der Sphären wird das wahre Mitnehmen gefunden, weil es dort keine Gegensätze gibt; bei den anderen Körpern ist es gewiß nicht ein eigenes Mitnehmen, sondern mehr ein gewisses Ziehen. Neben dem Umlauf der Sphären, welchen wir am Himmel sehen, können wir jenes himmlische, aber dennoch einfache Mitnehmen der Sphären nur durch die Vorstellung erfassen.")[106] "Nichts anderes wird benötigt, als daß das eine dem anderen ähnlich und im anderen ist.")[107] Fracastoro erkennt die Schwäche seiner Erklärung und schränkt ein: "Sei es, daß man sich jene Bewegung als ein gewisses Mitnehmen vorstellt (ganz gleich wie) oder daß sie durch eine gemeinsame Intelligenz erzeugt wird, es wurde deutlich, daß die unteren Sphären von den oberen bewegt werden und von deren Bewegung nichts auf die oberen Sphären wirkt.")[108] Diese Erklärung der Weitergabe der Bewegungen könnte man so umschreiben, daß jede Sphäre in "Resonanz" mit den oberen Sphären sich in ihrer "Eigenschwingung" bewegen soll, wobei die Begriffe "Resonanz" und "Eigenschwingung" aus der

heutigen Physik hier nur mit Einschränkungen anzuwenden sind.

Nach der dadurch möglichen Aufgabe der Suche nach einer der Vernunft zugänglichen Erklärung der Weitergabe der Bewegung von Sphäre zu Sphäre, diskutiert Fracastoro fast schon das Parallelogramm der Überlagerung vektorieller Größen wie Geschwindigkeit oder Kraft.)[109] Er führt dabei den Begriff "untergeordnet" (subalternus))[x] ein: Zwei Sphären sind "untergeordnet", wenn die mittleren Kreise ineinander und die Pole untereinander sind, wenn also bei gleichem Mittelpunkt die Achsen parallel liegen.)[110]

Erste allgemeine Bemerkung zur Überlagerung der Rotationsbewegungen zweier Sphären: Von zwei in gleicher Richtung bewegten Sphären ist die kleinere Sphäre immer schneller.

"Die innere Sphäre besitzt zuerst alle Geschwindigkeit, die die enthaltende Sphäre besitzt, dazu addiert man noch die eigene Bewegung. Dies ist nicht anders, als wenn jemand in einem Schiff bewegt wird und sich in gleicher Richtung wie das Schiff bewegt.")[111] "Die untere Sphäre läuft dann am schnellsten, wenn die Sphären untergeordnet sind, denn die untergeordnete Linie ist der geraden Linie ähnlich, welche von allen die kürzeste ist.")[112] "Wenn sie nun nicht untergeordnet verlaufen, sondern sich gegenseitig schneiden, dann ist die Bewegung nicht in einer geraden Linie, sondern auch in der Breite und diese Linie ähnelt einer Kurve.")[113]



Skizze fol. 7 C

Dies erläutert Fracastoro mit einer Skizze: Die Gerade EC ist von B aus längs $\overline{BC}$ ($\perp \overline{EC}$) schneller zu erreichen als längs $\overline{BE}$ und längs $\overline{BE}$ schneller als längs $\overline{BD}$. Bei spitzeren Winkeln zur geraden Linie BC ist die Bewegung ähnlicher zur Bewegung längs der geraden Linie BC und die Bewegung nach EC ist

in kürzerer Zeit möglich. "Wenn die Winkel aber größer sind, ist die Bewegung unähnlicher zur untergeordneten Bewegung.")[114] Fracastoro kann nur bei gleicher Richtung der Bewegungen eine Erklärung durch die Beobachtung geben, das Verhalten der Sphären bei schiefer Bewegung der mittleren Kreise erklärt er geometrisch.

Zweite allgemeine Bemerkung zur Überlagerung der Rotationsbewegungen zweier Sphären: Werden zwei Sphären entgegengesetzt bewegt, dann wird die kleinere immer gehemmt.

"Die Ursache dafür ist, daß das Mitnehmen in eine Richtung bewegt, die eigene Bewegung in eine andere.")[115] Die innere Sphäre "wird aber weder in dieser noch in jener Richtung bewegt, wenn sie von gleicher Mächtigkeit in entgegengesetzte Richtungen bewegt wird. Wenn dagegen das Mitnehmen)[116] größer ist, so wird die kleinere Sphäre weniger stark zurückbewegt, weil das Mitnehmen überwiegt. Wenn aber das Mitnehmen kleiner ist, dann wird die eigene Bewegung überwiegen, so daß die Sphäre weder angehalten, noch zurückbewegt, sondern nur gehemmt wird. Am stärksten ist dies, wenn die Sphären untergeordnet sind, danach [d.h. weniger stark] wenn es sich um kleinere und spitzere Winkel handelt.")[117]

Diese beiden Aussagen werden in den weiteren Diskussionen in den "Homocentrica" immer wieder benutzt, um die Vorläufe (Erste Aussage), die Rückläufe (Zweite Aussage) und die Stillstände (Zweite Aussage) erklären zu können. Diese Aussagen sind widersprüchlich: während Fracastoro noch in der ersten Aussage von einer "Kurve" spricht, die durch die spitzeren Winkel erzeugt wird)[118], scheint er in der zweiten Aussage von einer vorgegebenen Richtung (Vektor) auszugehen und bei einem dazu nichtparallelen "Vektor" nur die Komponente in der Richtung des ersten "Vektors" zu überlagern.

Die Frage nach der Erzeugung der verschieden gerichteten Resultierenden findet später eine (wenn auch falsche)

Erklärung dadurch, daß Fracastoro eine rotierende Sphäre mit fester Achse annimmt (z.B. in der Lage der Fixsternsphäre) und eine zweite kleinere Sphäre in konzentrischer Lage, aber mit einer um $\pi/2$ geneigten Achse, von der äußeren Sphäre mitbewegen läßt (die Pole der inneren Sphäre können somit auf dem Großkreis des oberen Kolur)ˣ umlaufen). In den Schnittpunkten der mittleren Kreise der beiden Sphären (also in den Äquinoktien) kann nun ein in dem Mittelpunkt der Sphären ruhender Beobachter zwischen diesen mittleren Kreisen alle Winkel zwischen 0 und π und auch entgegengesetzte Bewegungsrichtungen beobachten.)[119]

Fracastoro betrachtet bei seinen Überlegungen nicht einen Punkt auf dem Äquatorkreis (mittleren Kreis), sondern überlagert die verschiedenen Bewegungsrichtungen der mittleren Kreise nach der Art des ebenen Vektorparallelogramms. Dieser Ansatz ist falsch, denn Fracastoro benutzt nicht den zur mathematischen Beschreibung der Rotation starrer Körper notwendigen axialen Vektor $\vec{\omega}$ der Winkelgeschwindigkeit.

Um die Frage nach möglichen weiterführenden Impulsen für Astronomie und Physik eindeutig beantworten zu können, soll im weiteren (trotz des falschen Ansatzes) eine ausführliche Diskussion der Thesen der "Homocentrica" vorgenommen werden.

3.3. Die Bewegung der Sphären um drei zueinander senkrechte Achsen

"Die wichtigsten Bewegungen, die in der Natur [der Sphären] sein können, scheinen mir nur drei zu sein, nicht mehr und nicht weniger; dies sind nämlich jene, welche sich gegenseitig im rechten Winkel schneiden. Allein diese sind nämlich fest und unbestreitbar bestimmt (wie auch immer die Achsen im Raume liegen). Die übrigen Bewegungen sind unbestimmt und unendlich, und können deshalb nicht von sich aus in der Natur der Sphäre sein.")[120] Diese Definition

beinhaltet, daß diese Bewegungen einfach sein müssen)[121] und alle anderen möglichen Bewegungen erzeugen.)[122] "Durch diese Anahmen [wird] mühelos und nach den Regeln all das beschrieben, was bei den Gestirnen erscheint.")[123] "Mit Hilfe dieser Bewegungen werden wir zeigen, daß jeder Punkt auf der Sphäre, wo er auch immer sei, überall hin und in alle Richtungen bewegt wird.")[124]

Fracastoro glaubt diese Bewegung schon in den Überlieferungen des Herodot entdecken zu können: "Daß es aber ein älteres Wissen über diese Bewegung bei jenem sehr alten Volk der Ägypter gab, beweist das, was von Pomponius Mela von Herodot übernommen worden ist, und von diesen über dieses Volk geschrieben wird. Sie bewahrten in ihren Schriften das Wissen der Ägypter, nach dem die Gestirne viermal ihren Lauf gewendet haben, die Sonne sogar zweimal dort untergegangen ist, wo sie jetzt aufgeht, und dort aufgegangen ist, wo sie jetzt untergeht.")[125] Ideler vermutet, daß Herodot die Ägypter nicht verstanden hat, als diese ihm die Änderung der Lage des Sommer- und Winterwendepunkts erlären wollten.)[126] Eine Deutung dieser Angaben als die Beschreibung der Sirius-Periode schien früheren Historikern möglich, erweist sich aber aufgrund unseres heutigen Wissens als abwegig.)[127] Fracastoro deutet diesen Bericht als eine Bestätigung für die nach seiner Theorie mögliche fortschreitende Veränderung der Schiefe der Ekliptik.)[128] Diese dreifache Sphärenbewegung ist, obwohl nicht durch Aristoteles begründbar)[129] , in ihren Folgerungen ganz im Sinne der aristotelischen Thesen. Es ist notwendig, daß "alle Möglichkeiten [der Bewegung] in der Natur geschehen können und auch irgendwann einmal in der Natur geschehen könnten.")[130] Somit könnten"andere Schöpfungen auf der Welt geschehen, wenn ein zufälliges Schicksal den Weg der Sonne längs des Äquators (wie jetzt längs der Ekliptik) geführt hätte.")[131] Der Glauben Fracastoros an eine Änderung der Schöpfung zeigt sich in

seiner Erklärung der Entstehung der Fossilien: "Man legte [Fracastoro] versteinerte, beim Bau der Zitadelle von San Felice in Verona gefundene Muscheln vor und fragte [Fracastoro] nach seiner Meinung. Fracastoro wies die Ansicht von ihrer Entstehung durch "vis plastica" als ganz verwerflich zurück, aber ebensowenig, meinte er, dürfe man sie der Sintflut zuschreiben, denn diese sei nur von kurzer Dauer gewesen, auch müßten dann die Versteinerungen nicht Meermuschlen, sondern Süßwassermuscheln sein; überdies müßten sie, wenn sie von der Sintflut herbeigeschwemmt wären, auf der Oberfläche zerstreut liegen und könnten nicht tief im Boden vergraben sein. Es bleibe darum nur die Möglichkeit übrig, daß die Versteinerungen von Tieren herrührten, welche da gelebt haben, wo sich ihre Überreste finden.")[132] Dies macht verständlich, daß Fracastoro in den "Homocentrica" schreibt: "Wenn man über die Schöpfungen der Inseln und Berge nachdenkt, so erkennt man, daß es eine Zeit gab, in der sie aus dem Meere gemacht wurden, nachdem sie zuvor vom Meere bedeckt waren.")[133] "Man erkennt weiter jene großen Veränderungen der Erde, den Weltwinter und den Weltsommer, jene großen Hitzen und Kälten, welche Aristoteles unterscheidet.")[134] Obwohl Beobachtungen verschiedener Art und die Interpretation des Aristoteles für eine Änderung der Schiefe der Ekliptik sprechen, äußert sich Fracastoro vorsichtig: "Entweder bewirkt die Unzulänglichkeit der Instrumente diese Veränderung oder eine gewisse in der Natur der Fixsterne verborgene Bewegung. Schwer ist und bleibt es, die Qualität dieser Bewegung zu messen.")[135]

Es soll nun, von dem Aufbau der "Homocentrica" abweichend, zuerst gezeigt werden, wie Fracastoro die Thesen zur Sphärenbewegung auf die Bewegung der Planeten überträgt. Danach wird zusammen mit der Erklärung der "Tripudiatio" das für die "Homocentrica" grundlegende System der fünf Sphären beschrieben.

3.4. Der Übertrag der bisherigen Thesen auf die Bewegung der Planetensphären

Die bisherigen Aussagen lassen sich so zusammenfassen:

1. Ihrer Natur nach bewegen sich die himmlischen Körper in Sphären.)[136]

2. Die Bewegung einer Sphäre wirkt nur auf eine untere Sphäre.)[137]

3. Die Mitbewegung der unteren Sphären ist nicht durch die Vernunft zu erfassen.)[138]

4. Bewegen sich zwei konzentrische Sphären im gleichen Sinne, dann wird die innere Sphäre schneller bewegt. Dies ist um so mehr der Fall, je spitzer der Winkel ist, den die mittleren Kreise zueinander besitzen.)[139]

5. Bewegen sich zwei konzentrische Sphären entgegengesetzt, dann wird die innere Sphäre immer gehemmt. Dies ist um so stärker, je spitzer der Winkel ist, den die mittleren Kreise bilden.)[140]

6. Die natürlichen Bewegungen der Sphären sind Rotationen um drei zueinander senkrechte Achsen.)[141]

Diese Thesen bilden die Grundlage für eine Erklärung der Bewegungen der Planeten aus den Bewegungen der Sphären.

Erste Aussage über die Bewegung der Planeten: "Die erste Sphäre besitzt die Bewegung in der Länge als natürliche Eigenschaft, die anderen Sphären besitzen diese Bewegung durch ein Akzidens.")[142]

"Was an Bewegung [in der Länge] auf die erste Sphäre zurückgeht, muß offensichtlich einfach sein, denn weder die Pole noch der mittlere Kreis ändern sich jemals.")[143] Fracastoro nimmt also ein raumfestes Äquatorsystem an, während die Lage der Ekliptik veränderlich ist. "Bei allen anderen Sphären wird eine Veränderung von Polen und mittleren Kreisen sichtbar und es zeigt sich eine Änderung

der Lage. Wenn nun die Längenbewegung auf die erste Sphäre zurückgeht, dann kann diese Sphäre auch die übrigen Sphären bewegen (wie bewiesen wurde))[144] und es ist klar, was allen anderen Sphären durch ein Akzidens innewohnt und somit von der ersten Sphäre gegeben wird; aber nicht sofort allen, sondern sogleich der zweiten, der dritten nach der zweiten und so den übrigen, welche aneinander grenzen.")[145]

Dies bedeutet also: Die erste Sphäre gibt den unteren Sphären eine Bewegung von Ost nach West, die eigene Rotation dieser Sphären kann sich mit dieser Bewegung überlagern.

Zweite Aussage über die Bewegung der Planeten: Die schiefe Bewegung der Planeten ist nicht einfach.)[146]

Wegen ihrer Einfachheit in der Längenbewegung besitzt die erste Sphäre keine schiefe Bewegung in der Breite.)[x] "Diese Bewegung [in der Breite] kann [die erste Sphäre] nicht von sich aus besitzen und auch nicht durch ein Akzidens, denn sie ist die erste Sphäre und darüber ist keine andere, von welcher durch ein Akzidens etwas gegeben wird.")[147] Wäre die Breitenbewegung einfach, dann müßte sie im rechten Winkel zur Längenbewegung ablaufen)[148], die Beobachtung zeigt aber, daß der Planet seine Breite im Tierkreis nicht stark verändert und die Planetenbewegung "nicht stetig bis zu den Polen fortschreitet.")[149] Die deshalb nicht einfache und schiefe Bewegung der Planeten bedingt, "daß die Längenbewegung nicht allein durch das Einwirken der täglichen Bewegung [der Rotation der ersten Sphäre] vorhanden ist, sondern auch eine eigene [Bewegung des Planeten][150] ist.")[151]

Dies bedeutet also: Die nicht einfache Bewegung der Planetensphären muß aus den einfachen Bewegungen (den Rotationen) der Planetensphären und anderer Sphären zusammengesetzt werden.

Dritte Aussage über die Bewegung der Planeten: Die eigene Bewegung der Planeten verläuft entgegengesetzt zur Rotation der ersten Sphäre.)[152]

Fracastoro widerspricht der Annahme, daß die erste Sphäre von den unteren Sphären die am stärksten mitbewegt, welche näher zu ihr liegen. Wie die Beobachtung zeigt, "laufen Sonne, Venus und Merkur gleichförmig nach Westen, obgleich der eine von diesen näher, der andere entfernter zur ersten Sphäre ist.")[153] Ein Mitnehmen der Planetensphären in gleichsinniger Bewegung mit der ersten Sphäre ist nicht möglich, denn "bei gleichsinniger Bewegung wird die kleinere Sphäre immer schneller bewegt.")[154] Als Bewegung bleibt für die Planetensphären deshalb nur eine entgegengesetzt zur Rotation der ersten Sphäre gerichtete Rotation. "Die zur ersten Sphäre entgegengesetzten eigenen Bewegungen der Planeten bewirken, daß die Planeten an einem Tag vom Untergang etwas zurückbleiben und später den Tag beginnen. Weil jeder schiefen Bewegung eine gerade Bewegung teilhaftig ist)[155], werden die Gegenläufe der Planeten gegen das Mitnehmen täglich etwas von dem Mitnehmen wegnehmen, und zwar so viel, wie ein jeder Planet an einem Tag dagegenlaufen kann.")[156] Es wird deutlich, wie Fracastoro dem Vorbild der Überlagerung gerichteter Größen in der Ebene nachfolgt: der mittlere Kreis der ersten Sphäre wird in spitzem Winkel von dem mittleren Kreis einer Planetensphäre geschnitten. Dieser spitze Winkel bedingt, daß die Rotationen nicht exakt entgegengesetzt sind. Fracastoro nimmt von der "Bewegungsrichtung" des mittleren Kreises der Planetensphäre die Komponente in der "Bewegungsrchtung" des mittleren Kreises der ersten Sphäre und überlagert diese Komponente mit der "Bewegungsrichtung" des mittleren Kreises der ersten Sphäre.)[157] Somit werden die nachfolgenden Ausführungen Fracastoros für uns verständlich: "Deshalb wird der Saturn, welcher von sich aus am langsamsten [bzgl. des siderischen Umlaufs] ist, am schnellsten von allen nach Westen getragen, denn er bewegt sich am wenigsten

von allen in entgegengesetzter Richtung und wird so am stärksten mitgerissen.")[158] "Weil nun Sonne, Venus und Merkur gleiche eigene Bewegungen besitzen, werden sie auch gleich schnell nach Westen gedreht, langsamer als die drei oberen, weil sie ja schneller sind, schneller als der Mond, weil sie ja langsamer sind.")[159]

Dies bedeutet also: Die von Ost nach West laufende tägliche Rotation der ersten Sphäre und die eigene Bewegung der Planetensphären sollen sich nach dem Gesetz der Überlagerung gerichteter Größen der Ebene überlagern und eine Resultierende erzeugen.

Vierte Aussage über die Bewegung der Planeten: Warum die zur ersten Sphäre näheren Sphären nicht dennoch schneller als die anderen Sphären sind.)[160]

Fracastoro geht davon aus, daß "wie bei der ersten Sphäre zu sehen ist")[161], die Schnelligkeit der Rotation aus der Größe der Sphäre gefolgert wird. Die Sphäre des Saturn müßte dann die nach der ersten Sphäre schnellste Sphäre unter den Planeten sein. Die sehr langsame Bewegung des Saturn ist für ihn "verwunderlich wegen der Größe der Sphäre und wegen der ersten Sphäre, welche die schnellste ist und am nächsten liegt.")[162] Fracastoro versucht eine Erklärung dieser Abweichung dadurch anzudeuten, daß er von "der Dichtheit der Massen und der Dicke der Kruste")[163] einer Sphäre spricht. Er versteht dabei unter der Dicke der Kruste den Abstand zwischen konkaver und konvexer Oberfläche einer Hohlkugel. Diese Kruste soll nicht eine die Helligkeitsschwankungen und die Ungleichheiten erklärende exzentrische Sphäre ermöglichen)[164], sondern sie soll durch die Dichte der sie ausfüllenden Massen die langsamere oder schnellere Bewegung der Sphären erklären: "Es kann nämlich sein, daß irgendeine Sphäre eine gewisse Größe besitzt, von der Masse her aber sehr dünn und von der Kruste her klein ist. Es kann aber auch sein, daß sie

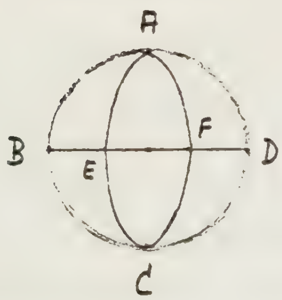
kleiner ist, aber dagegen dicht und mit sehr großem Abstand zwischen innerer und äußerer Oberfläche.")[165] Fracastoro folgert, daß "die Nachbarschaft zur ersten Sphäre viel bezüglich dessen ändert, was die Sphären durch ein Akzidens besitzen, . . . sich aber nichts an dem ändert, was einer Sphäre innewohnt.")[166]

Dies bedeutet also: Eine planettragende Sphäre besitzt immer ihre natürliche Bewegung der gleichförmigen Rotation, die veränderlichen Bewegungen geschehen durch die Einwirkungen der verschiedenen Bewegungen der oberen Sphären.

4. Das System der fünf Sphären

4.1. Drei Sphären bewegen sich in der "Tripudiatio"

Die bezüglich dreier rechtwinkliger Achsen als einfach definierten Sphärenbewegungen dienen im weiteren als Grundlage für die Erklärung der Bewegung der Gestirne. "Wenn sich zwei Sphären [in ihren mittleren Kreisen und somit auch in ihren Achsen] im rechten Winkel schneiden, dann bewegt sich die kleinere Sphäre in ihrer Bewegung nacheinander in alle Richtungen.")[167] Diese für das Verständnis der späteren Erläuterungen wichtige Bemerkung verdeutlicht Fracastoro durch eine Skizze.



Skizze fol. 8 C

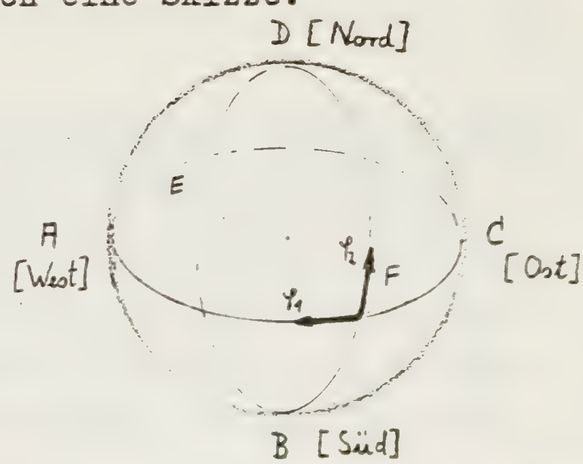


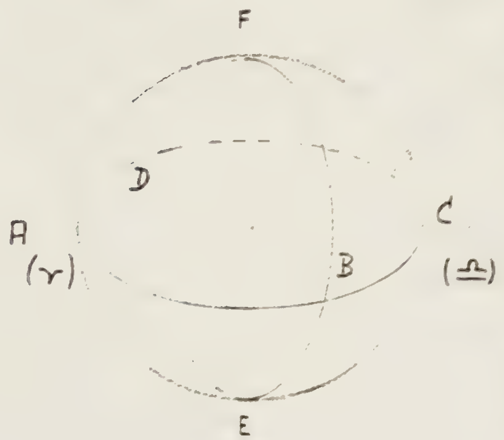
Abbildung in sphärischer Darstellung und um $\pi/2$ gedreht

Der mittlere Kreis der äußeren Sphäre ist der Kreis BFDE, der der inneren Sphäre ist (zu Beginn der Diskussion) AECF. Die Achse der inneren Sphäre rotiert somit in der Äquatorebene der äußeren Sphäre. Der Ablauf der Bewegung ist der folgende: "Weil nun die Bewegungen in der Breite sich nicht hindern)[168] und, wie bewiesen, die größeren Sphären die kleineren bewegen)[169] und die Sphären ineinander enthalten sind, geschieht es, daß die kleinere in der Breite herumbewegt wird und sich durch die eigene Bewegung nacheinander in alle Richtungen nach West, Ost, Nord oder Süd bewegt.")[170] Dies kann man so verdeutlichen, daß eine Bewegung von "C nach A über F von Ost nach West und der andere Weg von A nach C über E von West nach Ost läuft.")[171] Damit wird eine Orientierung möglich: der mittlere Kreis der inneren Sphäre (er habe zu Beginn die Bewegungsrichtung φ_1) wird durch die konstant in die Richtung φ_2 laufende Rotation der äußeren Sphäre bewegt. "Der [mittlere] Kreis [der inneren Sphäre] bewegt sich zuerst von Ost nach West. Ist er dann in D , geht die Bewegung von Nord nach Süd; wenn er in E sein wird, läuft die Bewegung von West nach Ost. In B ist dann die Bewegung von Süd nach Nord und wird schließlich zum ersten Ort zurückkehrend wieder von Ost nach West laufen.")[172] Fracastoro hat hier wohl die Bewegung des mittleren Kreises der inneren Sphäre richtig beobachtet, der Bewegungsablauf eines Punktes auf dem mittleren Kreis kann aber, wie der Mathematische Anhang zeigt, nicht auf diese Art beschrieben werden.)[173]

Für diese beiden Sphären führt Fracastoro besondere Namen ein: die kleinere Sphäre, welche herumgeführt wird)[174] , nennt er "Circitor-Sphäre")[175] , die größere und herumbewegende nennt er "Circumducens-Sphäre")[176] . Die Aufgabe der Circumducens-Sphäre ist es, die Achse der Circitor-Sphäre in der Breite zu bewegen, d.h. die Circitor-Sphäre wird durch den im Raume festliegenden Äquatorkreis der

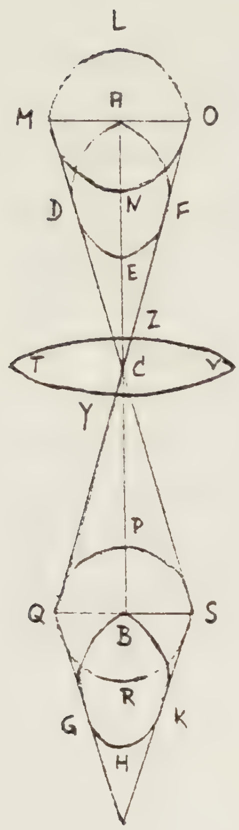
Circumducens-Sphäre eine eindeutig vorgegebene Bewegung ihrer Achse besitzen. Dies bedeutet also: Der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre erhält, bezogen auf die Äquinoktialpunkte A und C , durch die Circumducens-Sphäre eine Bewegung in alle Richtungen.

Eine Erklärung dieser Bewegungsabläufe ist auch möglich, falls E Westpunkt und F Ostpunkt ist. Durch diese Orientierung ergeben sich aber bei der weiteren Diskussion Schwierigkeiten, denn die Pole der Circumducens-Sphäre (die Punkte A und C) sind dort die Äquinoktien.



Eine andere mögliche Orientierung zeigt die linke Abbildung. Hier ergibt sich die Schwierigkeit, daß auf dem Äquatorkreis A (West) - B (Süd) - C (Ost) - D (Nord) alle Bewegungsrichtungen von einem Punkt zum anderen möglich sind. Für meine weitere Diskussion habe ich deshalb die in meiner Abbildung auf Seite 28 gewählte Orientierung übernommen.

Zur Erklärung der "Tripudiatio" wird in die Circitor-Sphäre eine weitere Sphäre gesetzt. "Wenn einer Circitor-Sphäre eine andere Sphäre in der Breite um die Pole der Circumducens-Sphäre entgegenbewegt wird, dann wird diese dagegengetragene Sphäre von der Circitor-Sphäre in der Bewegung der Trepidation bewegt.")[177] Unter Trepidation versteht Fracastoro, daß "auf einem Durchmesser gegenüberliegende Punkte (wie zum Beispiel die Äquinoktien) so bewegt werden, daß sie zwei kleine Kreise beschreiben und dabei in den Bewegungen immer entgegengesetzt sind.")[178]

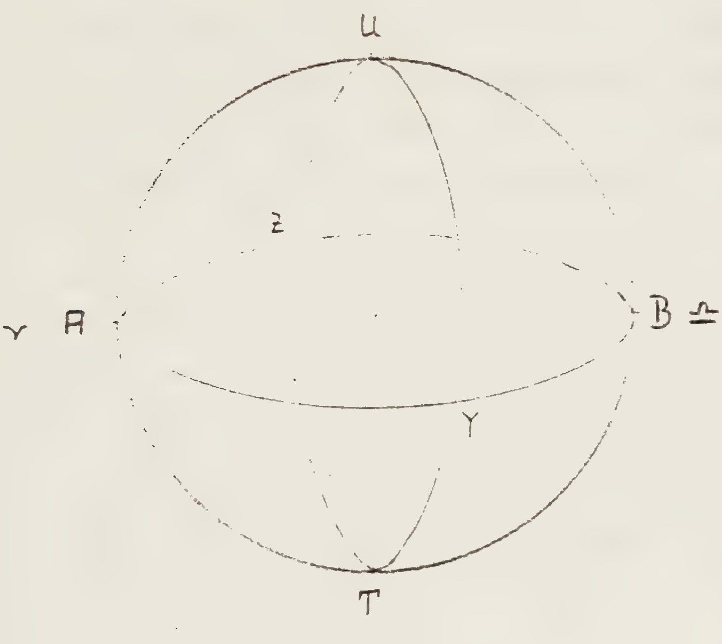


Skizze fol. 9 A

Fracastoro beschreibt diese Bewegung und bezieht sich dabei auf die hier wiedergegebene Skizze. "Seien A und B die Äquinoktien und C ein Wendepunkt, so werden die kleinen Kreise ADEF von A aus und BGHK von B aus beschrieben. Diese sind aber keine richtigen Kreise, sondern vielmehr Ovale. Richtige Kreise sind allein zwei andere, die zwei Punkte in einer Entfernung so groß wie der Radius der vorherigen Kreise)[179] um die Äquinoktien beschreiben, das ist um A der Kreis LMNO und um B der Kreis PQRS.")[180] Die Circitor-Sphäre allein soll die Bewegung auf der Ovalen erzeugen. "Jede Circitor-Sphäre besitzt zwei Bewegungen, eine von der Circumducens-Sphäre gegebene, durch welche die Circitor-Sphäre in der Breite herumgetragen wird, und eine andere, eigene Bewegung, durch welche die Circitor-Sphäre nacheinander in alle Richtungen bewegt wird. Durch die erste Bewegung wird die Circitor-Sphäre nicht diesen Gegenlauf der dritten Sphäre erzeugen, weil die dritte Sphäre gleichförmig gegen die erste Sphäre läuft. Die Circitor-Sphäre wird durch ihre eigene Bewegung die Bewegung antreiben, welche die Trepidation herbeiführt.")[181] Die Circitor-Sphäre gibt also die zusammen mit der Circumducens-Sphäre erzeugte Bewegung "nach allen Richtungen" an die dritte Sphäre als Trepidation weiter.

Die Lage der Achse der dritten Sphäre, welche Fracastoro später als "Contravectus-Sphäre" bezeichnet)[182], erschließt man aus der Überschrift von Kapitel 14 des ersten Teils, denn die Contravectus-Sphäre soll "in der

Breite um die Pole der Circumducens-Sphäre entgegengetragen")[183] werden. Weiter "bewegt die Circitor-Sphäre sich durch ihre eigene Bewegung in alle Richtungen (wie es bewiesen wurde) und es geschieht, daß die Äquinoktialpunkte der dagegenbewegten Sphäre [der Contravectus-Sphäre], welche für die Circitor-Sphäre die Pole des Umschwungs)[x] sind, durch die Bewegung der Circitor-Sphäre nacheinander in alle Richtungen bewegt werden.")[184] Durch diese Aussagen wird eine Festlegung der gegenseitigen Lage der Sphärenachsen möglich. Die Achsen der Circumducens-Sphäre und der Circitor-Sphäre bilden immer einen Winkel von $\pi/2$. Die Achse der Contravectus-Sphäre liegt parallel zu der Achse der Circumducens-Sphäre, die Rotationen der beiden Sphären verlaufen entgegengesetzt. "Der mittlere Kreis der Contravectus-Sphäre sei der Kreis UZTY. Längs diesem wird diese Sphäre in der Breite dagegenbewegt.")[185] Damit ist $\overline{AB}$ Achse von Contravectus- und Circumducens-Sphäre. Die Achse der Circitor-Sphäre liegt im Kreis UZTY und wird in diesem Kreis durch die Rotation der Circumducens-Sphäre herumbewegt. Ein Vergleich mit der Skizze auf Seite 28 wird möglich, wenn man der Strecke $\overline{AC}$ als entsprechende Strecke hier $\overline{AB}$ gegenüberstellt.

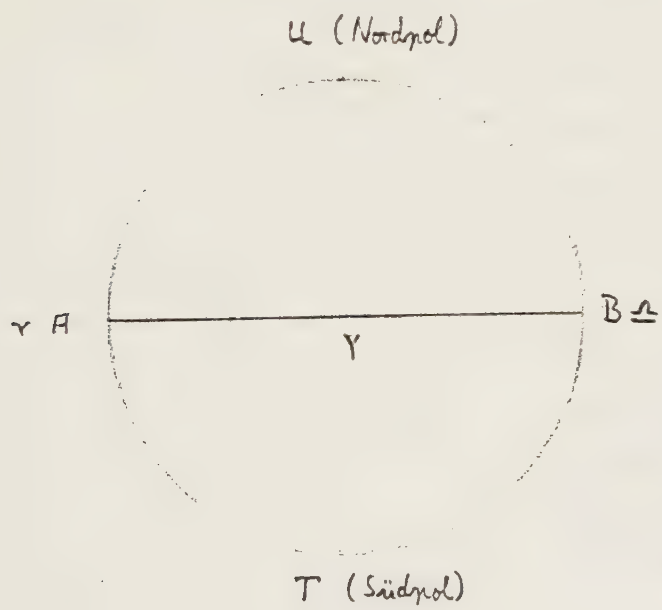


Sphärische, um $\pi/2$ gedrehte Teilabbildung der Skizze von Seite 31

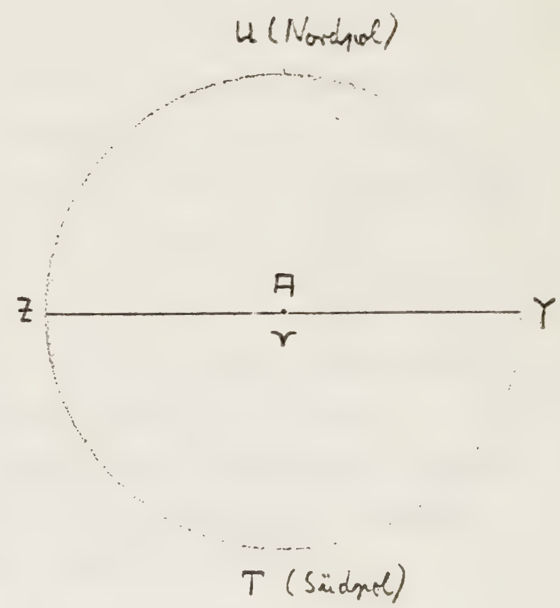
Der Kreis UZTY soll für die weitere Untersuchung als raumfestes System angenommen werden. In diesem Kreis

verläuft der Umschwung der Achse der Circitor-Sphäre und die in den Punkten A und B sichtbaren Bewegungsrichtungen des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre bewirken nach Auffassung des Fracastoro Bewegungen auf Ovalen. A und B sind für die Circitor-Sphäre Äquinoktialpunkte und für die Contravectus-Sphäre die Pole, "auf die die Circitor-Sphäre am stärksten wirkt und diese in Länge und in Breite in entgegengesetzte Richtungen bewegt.")[186]

Um den von Fracastoro angegebenen Bewegungsablauf auf der Ovalen in seinen Richtungen deuten zu können, setze ich den Kreis UZTY dem Solstitialkolur gleich; U wird der Nordpol, T der Südpol und der Kreis AYBZ ist der Äquatorkreis. Die Lage des Halbkreises AYB ist nicht mit der Lage des Halbkreises ACB identisch, da C Wendepunkt sein soll und ACB somit in der Ekliptik liegt. Um den von Fracastoro beschriebenen Bewegungsablauf besser darstellen zu können, lasse ich den Halbkreis ACB außer Betracht.



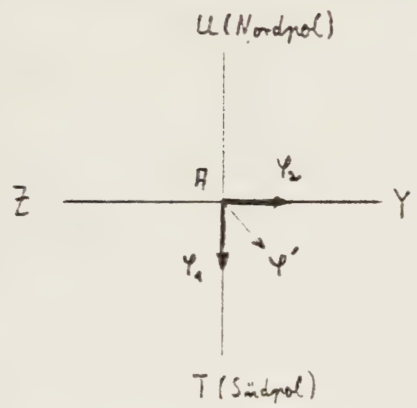
Aufriß



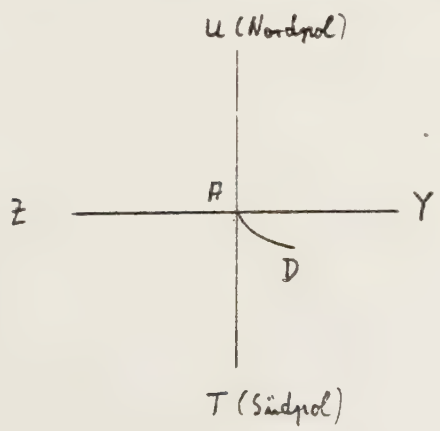
Seitenriß

"Der Umschwung der Circitor-Sphäre wird in vier Teile geteilt; bewegt sie sich durch das Viertel UZ , welches unterhalb des Nordens ist)[187] , dann ist es offenkundig, daß sie teils in die Länge, teils in die Breite bewegen wird.")[188] Es wird nicht deutlich, ob sich der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre aus dem Kreis UATB in den Kreis ZAYB oder ob sich die Achse der Circitor-Sphäre aus der Stellung UT in die Stellung ZY bewegen soll. Wir setzen an,daß sich der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre in die angegebene Richtung bewegt; dadurch wird die Beschreibung der Bewegung auf der Ovalen verständlicher. Die Bewegungsrichtung im mittleren Kreis verlaufe am Anfang von U nach T .

Der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre bewege sich aus dem Kreis UATB in den Kreis ZAYB.

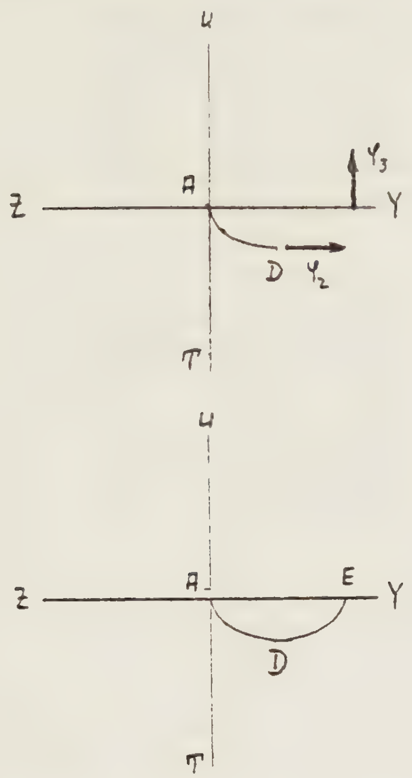


"A wird in der Breite nach Süden laufen, in der Länge nach Osten und so den Bogen $\widehat{AD}$ beschreiben.")[189] Der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre hat während der Bewegung der Achse alle Bewegungsrichtungen φ' zwischen den Richtungen φ_1 und φ_2 .Fracastoro macht nun den Fehler, daß er aus diesen verschiedenen Bewegungsrichtungen des mittleren Kreises eine Bewegung eines Punktes zusammensetzt: Der Bogen von A nach D



entsteht durch Aneinandersetzen der verschiedenen Bewegungsrichtungen unter Berücksichtigung der schon zuvor gezogenen Bögen in Länge und Breite.

<u>Der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre bewege sich aus dem Kreis ZAYB in den Kreis TAUB.</u>



"D wird dabei in der Länge nach Osten und in der Breite nach Norden bewegt und beschreibt so den Bogen $\widehat{DE}$.")[190] Dies kann man so deuten, daß der mittlere Kreis in der Lage ZAYB seine Bewegungsrichtung auf den Punkt D überträgt und ebenso in allen Zwischenstellungen, bis er in der Lage TAUB die Bewegungsrichtung φ_3 besitzt.

<u>Der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre bewege sich aus dem Kreis TAUB in den Kreis YAZB.</u>
"E wird in der Länge nach Westen und in der Breite nach Norden bewegt und beschreibt den Bogen $\widehat{EF}$.")[191]

<u>Der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre bewege sich aus dem Kreis YAZB in den Kreis UATB.</u>
"F wird dabei von der Circitor-Sphäre in der Länge nach Westen und in der Breite nach Süden bewegt und beschreibt den Bogen $\widehat{FA}$.")[192]

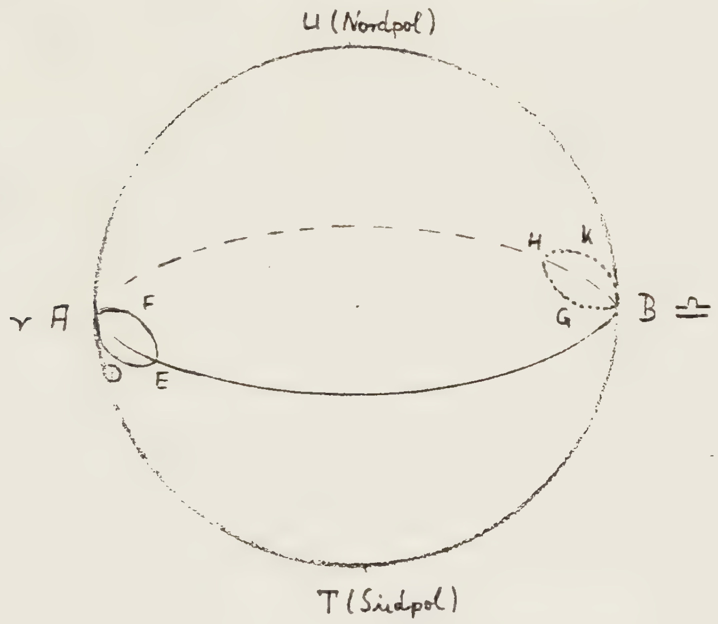
Dieser Bewegungsablauf kann so zusammengefaßt werden:

Bewegung des Punktes A

Bogen	in Länge	in Breite
$\widehat{AD}$	nach Osten	nach Süden
$\widehat{DE}$	nach Osten	nach Norden
$\widehat{EF}$	nach Westen	nach Norden
$\widehat{FA}$	nach Westen	nach Süden

Bewegung des Punktes B

Bogen	in Länge	in Breite
$\widehat{BK}$	nach Westen	nach Norden
$\widehat{KH}$	nach Westen	nach Süden
$\widehat{HG}$	nach Osten	nach Süden
$\widehat{GB}$	nach Osten	nach Norden



Über die Form der Ovale schreibt Fracastoro: "Diese [nämlich ADEFA und BKHGB] sind aber keine richtigen Kreise, sondern mehr länglich als breit, weil ja die Linie ACB manchmal gleich MCS , manchmal gleich OCQ ist. Die größte Breite MO wird stetig zum Mittelpunkt hin verringert und deshalb ist der Längendurchmesser AE größer als der Breitendurchmesser DF . Richtige Kreise

sind aber jene zwei, die L in einer und P in einer anderen Richtung beschreiben. Weil diese Kreise bei der größten Breite erzeugt werden, ist der Längendurchmesser ebenso groß wie der Breitendurchmesser. Bezüglich dieser Kreise sind alle anderen oval und sie sind mehr länglich als breit, je mehr sie dem mittleren Punkt [wahrscheinlich C] benachbarter sind.")[193] Die von der Form der Ovale abhängige Lage der Kreise OFQG und MDSK (vgl. Skizze auf Seite 31), die Bemerkung, daß "von den Äquinoktialpunkten kleine Kreise beschrieben werden, deren Radius so groß ist, wie die Circitor-Sphäre während eines Viertels des eigenen Umschwungs bewegen kann")[194] und die Tabellen auf Seite 36 lassen eine Kenntnis der Werke des Thabit durch Fracastoro vermuten.

Durch die Bewegung der Pole der Contravectus-Sphäre auf Ovalen wird der mittlere Kreis der Contravectus-Sphäre nicht auf einer Schraubenlinie immer weiter emporgehoben. Der mittlere Kreis "kann nicht weiter heraufgezogen werden als um das, was die Circitor-Sphäre in einem Viertel ihres Umschwungs ausrichtet.")[195] Diese Bemerkung ist richtig, denn der mittlere Kreis UZTY hat durch die Bewegung des Poles A auf einer Ovalen nur begrenzte Bewegungsfreiheit.

Obwohl Fracastoro zu Beginn des Kapitels 14 des ersten Teils)[196] diese Bewegung auf den Ovalen als "Trepidatio" bezeichnet, scheint er dennoch eine andersartige Bewegung zu erkennen. "[Die Punkte] verhalten sich so, als ob sie den Dreischritt tanzen würden. Daher wird diese Bewegung, wenn man sie besser beschreiben will, mit "Tripudiatio" genauer als mit "Trepidatio" beschrieben, denn in dieser Bewegung tanzen alle Punkte nacheinander "dreischrittig" und die einen werden emporgehoben und jene bleiben stehen.")[197] Mit dem Namen "Tripudiatio" spielt Fracastoro auf den rituellen Tanz "Tripudium" der Auguren an. Für diesen sei auf die Spezialliteratur verwiesen.)[198]

Diese oben gegebene Erklärung der Entstehung der Ovale bezieht sich immer wieder auf die Wirkung der Bewegung des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre auf den Pol der Contravectus-Sphäre. Nirgendwo findet man eine Beantwortung der Frage nach der Überlagerung der Rotationen und deren Wirkung auf einen Punkt des mittleren Kreises der Contravectus-Sphäre.

Fracastoro scheint bei der Herleitung des Bewegungsablaufs folgenden Überlegungen zu folgen: Circumducens- und Contravectus-Sphäre haben gleiche Achsen, aber entgegengesetzt gerichtete Rotationen. Senkrecht zu diesen Achsen rotiert die Achse der Circitor-Sphäre. Circumducens- und Circitor-Sphäre bewegen sich zusammen so, daß sich der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre in alle Richtungen bewegt. Diese Bewegung wirkt von der Circitor-Sphäre aus auf die darunterliegende Contravectus-Sphäre. Rotiert nun diese dritte Sphäre gegen die erste Sphäre mit gleicher Winkelgeschwindigkeit, dann heben sich beide Bewegungen auf und die dritte Sphäre befindet sich für einen Beobachter im Mittelpunkt der Kugeln in Ruhe. Auf die Pole der scheinbar in Ruhe befindlichen und zugleich die in ihrer Natur liegende Rotation ausführenden Contravectus-Sphäre wirkt die in alle Richtungen laufende Bewegung des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre und erzeugt eine Bewegung der Pole auf Ovalen. Bei diesen Überlegungen macht Fracastoro den Fehler, die Rotation der Circumducens-Sphäre getrennt auf zwei Sphären zu übertragen:

1. Die Rotation der Circumducens-Sphäre überlagert sich mit der Rotation der Circitor-Sphäre zu einer Bewegung in alle Richtungen und erzeugt so Ovale.
2. Die Rotation der Circumducens-Sphäre und die Rotation der Contravectus-Sphäre sind entgegengesetzt und erfolgen um die gleiche Achse. Dadurch befindet sich die Contravectus-Sphäre scheinbar in Ruhe und ihre Pole können sich auf Ovalen bewegen.

4.2. Über die mathematische Beschreibung der Ovale

Die Schwierigkeit eines jeden mathematischen Ansatzes liegt in der Festlegung der Rotationgeschwindigkeit der einzelnen Sphären.

Bei der Einführung einer vierten Sphäre, der Anti-Circitor-Sphäre , wird deutlich, wie Fracastoro die Bewegung einer Sphäre mit der Bewegung einer im entgegengesetzten Sinne rotierenden Sphäre vergleicht. "Wir setzen in der gegenüber vorher nicht veränderten Ordnung von Circumducens- , Circitor- und Contravectus-Sphäre unter die Contravectus-Sphäre eine andere Sphäre, welche von der Contravectus-Sphäre selbst in der Breite herumbewegt wird, und zwar so, daß die neue Sphäre, falls die Circitor-Sphäre einen gewissen Bogen in der Breite beschreibt, von der Contravectus-Sphäre ebensoweit in die Gegenrichtung gezogen wird. Deshalb ist es sinnvoll, diese Sphäre Anticircitor-Sphäre zu nennen.")[199] Circitor- und Anticircitor-Sphäre haben somit ebenso wie Circumducens- und Contravectus-Sphäre dem Betrage nach gleiche, aber verschieden gerichtete Winkelgeschwindigkeiten. Bei der Diskussion des Sphärensystems der Fixsterne beschreibt Fracastoro genauer das Verhältnis der Winkelgeschwindigkeiten von Circitor- und Anticircitor-Sphäre. "Unter dieser vierten Sphäre [der Contravectus-Sphäre] liegt nun die fünfte Sphäre, Anticircitor-Sphäre genannt, die von der vierten Sphäre immer in Richtung und Verhältnis entgegengesetzt zur Circitor-Sphäre in der Breite bewegt wird. So geschieht es, daß sie in der Breite der Circitor-Sphäre immer entgegengetragen wird, sich in der Länge aber übereinstimmend in die gleiche Richtung bewegt.)[200] Damit nun diese [fünfte Sphäre] in der Breite so viel in eine Richtung bewegt werden kann wie die Circitor-Sphäre in eine andere, wird es notwendig, daß der Gegenlauf der vierten [Sphäre] doppelt so schnell ist wie die Bewegung der Circumducens-

Sphäre und [der gleichschnellen] Circitor-Sphäre, denn diese fünfte Sphäre wird auch selbst in der Breite bewegt. Circitor- und Anticircitor-Sphäre sind aber in ihrer eigenen Bewegung gleich.")[201] Die Bedeutung der Anticircitor-Sphäre ist klar: sie soll die von der Circitor-Sphäre erzeugte Breitenbewegung aufheben. Fracastoro macht an dieser Stelle den gleichen Fehler wie bei der Überlagerung der Bewegungen von Circumducens- und Contravectus-Sphäre: er nimmt an, daß sich der entgegengesetzte Achsenumschwung konzentrischer Sphären auch dann aufhebt, wenn zwischen beiden Sphären eine andere Sphäre liegt.)[202] Warum die vierte Sphäre doppelt so schnell sein soll, wird verständlich, wenn man dazwischenliegende Sphäre nicht beachtet: während nämlich im heutigen Sprachgebrauch "doppelt so schnell" bedeutet, daß Winkelgeschwindigkeiten im Verhältnis 2:1 zueinander stehen, scheint Fracastoro den Unterschied der Winkelgeschwindigkeiten von Circumducens-Sphäre (ω) und Contravectus-Sphäre ($-\omega$) anzugeben, der 2ω beträgt.

Nimmt man alle Winkelgeschwindigkeiten dem Betrage nach als gleich an, so erhält man, unter Berücksichtigung des Drehsinns, als

1. Ansatz:

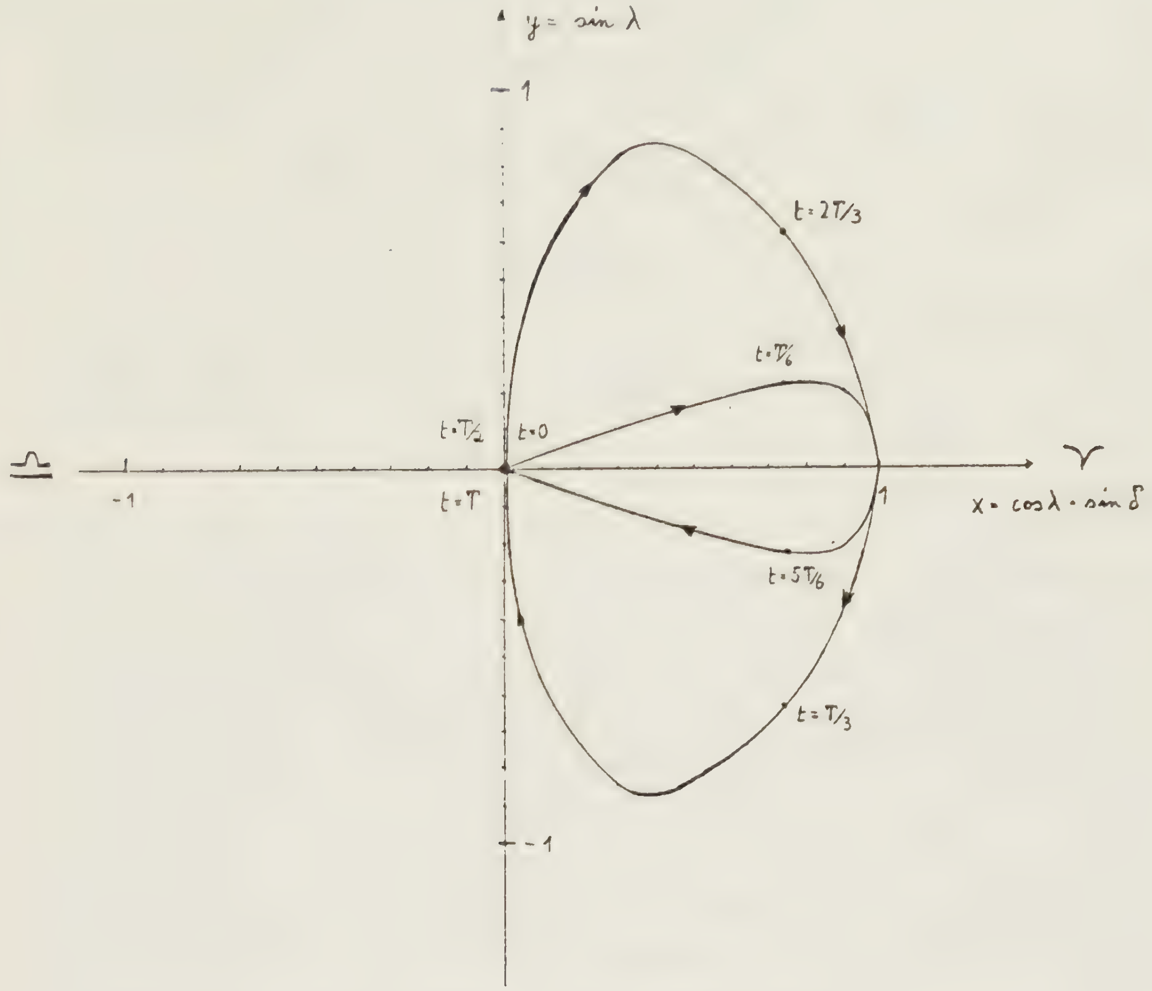
Sphäre	Winkelgeschwindigkeit
Circumducens-Sphäre	ω
Circitor-Sphäre	ω
Contravectus-Sphäre	$-\omega$

Die Bewegung eines Punktes auf dem mittleren Kreis der Contravectus-Sphäre wird beschrieben durch:

$$\sin\lambda = \cos\varphi \cdot \sin\varphi \cdot (1-\cos\varphi) \qquad \text{und}$$

$$\cos\lambda \cdot \sin\delta = \sin^2\varphi \qquad \text{, wobei } \varphi = \omega \cdot t \text{ ist.)}$$[203]

Graphische Darstellung in Orthogonalprojektion



Durch die Lage der Sphärenachsen ist die Form des Graphen eindeutig bestimmt. Verschiedene Größen von ω sind ohne Einfluß. Die viel zu großen Abweichungen in der Länge können nicht als Grundlage einer Bestimmung der Breitenbewegungen der Planeten dienen. Fracastoro nimmt an, daß diese Verteilung der Winkelgeschwindigkeiten vollständige Kreise erzeugt.)[204]

Hat die Circitor-Sphäre eine größere oder kleinere Winkelgeschwindigkeit als die Planetensphäre (und somit auch größer oder kleiner als die der Circumducens- und Contravectus-Sphäre))[205] , dann soll das Zusammenwirken dieser

Bewegungen einen Rücklauf erzeugen oder die Bewegung des Planeten verlangsamen. Nimmt man irgendein Verhältnis r, $r \in \mathbb{Q}$, zwischen den Winkelgeschwindigkeiten der Circumducens-Sphäre und der Circitor-Sphäre an, so ergibt sich der

<u>2. Ansatz:</u>

Sphäre	Winkelgeschwindigkeit
Circumducens-Sphäre	ω
Circitor-Sphäre	$r \cdot \omega \quad , r \in \mathbb{Q}$
Contravectus-Sphäre	$-\omega$

Die Bewegung eines Punktes auf dem mittleren Kreis der Contravectus-Sphäre wird beschrieben durch:

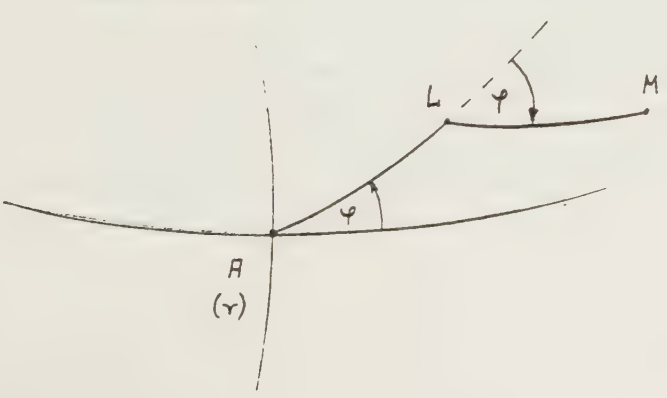
$$\sin\lambda = \cos\varphi \cdot \sin\varphi \cdot (1-\cos r\varphi) \qquad \text{und}$$

$$\cos\lambda \cdot \sin\delta = \sin\varphi \cdot \sin r\varphi \qquad \text{wobei } \varphi = \omega \cdot t \text{ und } r \in \mathbb{Q} \text{ ist.)}$$ [206]

Diese Gleichungen beschreiben keine Ovale. Ein Oval besitzt nur zwei Nullstellen ($\sin\lambda = 0$), dieser Graph hat aber pro Umlauf mindestens vier davon. Fracastoro setzt die Umlaufzeit der Circumducens- und Contravectus-Sphäre gleich der siderischen oder synodischen Umlaufzeit des Planeten, gibt aber an keiner Stelle deren Verhältniszahl r zu der Umlaufzeit der Circitor-Sphäre an. Der Ansatz mit zueinander senkrechten Sphärenachsen kann somit das Oval nicht beschreiben und ist als mathematische Grundlage für eine Berechnung der Planetenörter ungeeignet.

Nimmt man den Parallelkreis mit in den Ansatz, so hat man keine zueinander senkrechten Sphärenachsen und erhält auf der Kugeloberfläche eine sphärische Kurve, deren Längendurchmesser so groß ist wie der Durchmesser des Parallelkreises.)[207] Dies führt zum

<u>3. Ansatz:</u>



Rotiert um den Pol A einer Sphäre gleichförmig ein Punkt L auf einem Parallelkreis und ist L der Mittelpunkt eines gleichgroßen ebenfalls gleichförmig

rotierenden Kreises, dann beschreibt ein Punkt M auf dem Umfang des Kreises um L eine Kurve auf der Kugeloberfläche. Setzt man A als Pol der Circumducens-Sphäre, L als Pol der Circitor-Sphäre und M als Pol der Contravectus-Sphäre, so beschreibt der Pol der Contravectus-Sphäre einen Graphen mit den Parametergleichungen:

$$\sin\lambda = \sin\frac{i}{2}\cdot\sin\varphi\cdot\left[\cos\varphi - \cos\varphi\cdot(\cos\varphi+1)\right] \quad \text{und}$$

$$\cos\lambda\cdot\sin\delta = \cos^2\frac{i}{2} - \sin^2\frac{i}{2}\cdot\cos\varphi \quad ,$$

wobei $\varphi = \omega\cdot t$ und der Bogen i der Kreisdurchmesser ist.)[208]

Macht man diesen Ansatz in der Ebene, so läuft M auf einem Kreis mit dem Durchmesser i, der gegenüber A um i/2 nach rechts verschoben ist.

Der Graph der sphärischen Kurve hat bis $i/2 = \pi/3$ keinen Doppelpunkt, ein Doppelpunkt ist für $\pi/3 < i/2 \leq \pi/2$ vorhanden. Für $i/2 = \pi/2$ erhält man die Hippopede des Eudoxus.)[209]

Läßt man den Kreis um L (und somit die Circitor-Sphäre) mit doppelt so großer Winkelgeschwindigkeit rotieren, so erhält man die sphärische Version des Lemmas von Nasir al-Din, wie Nasir sie zur Erklärung der Evektion in seiner Mondtheorie gebraucht.)[210]

Die von den Polen der Contravectus-Sphäre beschriebenen Kurven können nicht die von Fracastoro angenommenen Ovale sein, denn im Ansatz haben die Sphärenachsen nicht die eindeutig vorgeschriebene senkrechte Lage zueinander.

Der Versuch einer mathematischen Darstellung des homozentrischen Systems des Fracastoro gelingt nicht. Dies hat vor allem seine Ursache darin, daß Fracastoro von einer halb statischen, halb kinematischen Einwirkung des mittleren Kreises einer Sphäre auf eine innere Sphäre ausgeht.

4.3. Die Erweiterung des Sphärensystems von drei auf fünf Sphären

In den Kapiteln 13 bis 15 des zweiten Teils entwickelt Fracastoro die endgültige Form seines Systems. Diese neuen Sphären wurden nicht bei dem Versuch einer mathematischen Darstellung in dem vorherigen Abschnitt berücksichtigt, denn sie sollen nur die Breitenbewegung beeinflussen. Die mathematische Betrachtung zeigt, daß bei einer Wegnahme der Bewegung in der Breite die dann allein vorhandene Bewegung in der Länge immer noch viel zu groß ist, um die Längenbewegungen der Planeten beschreiben zu können.

1. Die Erklärung der Trepidation durch drei konzentrische Sphären mit gleicher Umlaufzeit T.

Die Erklärung der Trepidation entwickelt sich aus den im vorherigen Abschnitt aufgezeigten Prinzipien: "Es ist notwendig, . . . , drei Sphären über die Fixsternsphäre zu setzen)[211], nämlich das "primum mobile", die Circumducens-Sphäre und die Circitor-Sphäre. Unter dieser ist die Fixsternsphäre, welche in ihrer eigenen Bewegung der Circitor-Sphäre in der Breite um die Pole der Circumducens-Sphäre entgegenbewegt wird. Die Fixsternsphäre erhält von der ersten Sphäre die allen Sphären gemeinsame Bewegung von Ost nach West, von der zweiten Sphäre, der Circumducens-Sphäre, welche in die Breite bewegt, wirkt auf sie keine Bewegung, denn sie läuft ja gegen diese. Auch von der Circitor-Sphäre erhält die Fixsternsphäre keine Bewegung in der Breite, denn diese erzeugt ebenfalls eine solche Bewegung. Da aber die Circitor-Sphäre [mit ihrem mittleren Kreis] nacheinander in alle Richtungen läuft, wird die Fixsternsphäre durch diese die Bewegung der Trepidation ausführen.")[212] Fracastoro gibt in Kapitel 13)[213] als Periode für eine Schwankung 1800)[214] oder 7000)[215] Jahre an. Aus der gegebenen Darstellung kann geschlossen werden, daß die Circumducens-Sphäre, die Circitor-Sphäre

und die Fixsternsphäre mit gleicher Umlaufzeit rotieren, denn die Trepidation geschieht auf "vollständigen Kreisen")[216].

Dies führt zu fogendem Sphärensystem:

Sphäre	Lage des mittleren Kreises	Umlaufzeit	Umlaufrichtung
primum mobile	Äquator	1 d	von Ost nach West
Circumducens-Sphäre	Solstitialkolur	1800ª oder 7000ª	keine Angabe
Circitor-Sphäre	Ausgangslage im Äquinoktialkolur	1800ª oder 7000ª	keine Angabe
Fixstern-sphäre	Solstitialkolur	1800ª oder 7000ª	entgegengesetzt zur Circumducens-Sphäre

Die Berechnungen im Mathematischen Anhang zeigen)[217], daß mit diesem Ansatz weder die Pole der Fixsternsphäre noch ein Punkt auf dem mittleren Kreis dieser Sphäre einen Kreis beschreiben kann, dessen Radius $4;18^\circ$ beträgt)[218].

2. <u>Die Erklärung der Trepidation durch vier konzentrische Sphären.</u>

Im Kapitel 14 des zweiten Teils)[219] beschreibt Fracastoro ein Sphärensystem, durch das sich die Fixsterne auf Spiralen bewegen sollen. Dieses System scheint den Alfonsinischen Tafeln entnommen: Fracastoro setzt als Umlaufzeit der Fixsternsphäre 49000 Jahre an und läßt die die Ungleichheit erzeugenden Sphären mit geringerer Umlaufzeit und somit schneller rotieren.

Das zur Erzeugung dieser Bewegung notwendige System ist eine Weiterentwicklung des obigen Systems. An die Stelle der Fixsternsphäre wird eine Contravectus-Sphäre gesetzt, erst dann folgt konzentrisch die Fixsternsphäre.

Sphäre	Lage des mittleren Kreises	Umlaufzeit	Umlaufrichtung
primum mobile	Äquator	1 d	von Ost nach West
Circumducens-Sphäre	Solstitialkolur	1800ᵃ oder 7000ᵃ (?)	keine Angabe
Circitor-Sphäre	Ausgangslage im Äquinoktialkolur	wie Circumducens-Sphäre (?)	keine Angabe
Contravectus-Sphäre	Solstitialkolur	wie Circumducens-Sphäre	entgegengesetzt zur Circumducens-Sphäre
Fixsternsphäre	Ekliptik	49000ᵃ	von West nach Ost

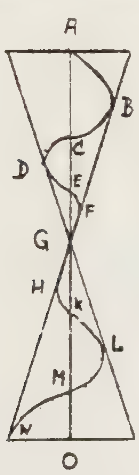
Wesentlich für den Bewegungsablauf ist das Zusammenwirken der Circumducens-, der Circitor- und der Contravectus-Sphäre. "Die vierte Sphäre, die Fixsternsphäre, wird in der Bewegung der Trepidation angetrieben, aber nicht perfekt, denn die Sterne laufen nicht auf in sich zurückkehrenden kleinen Kreisen, sondern sie beschreiben Spiralen ("helices") und sind im Vorlauf schneller, im Rücklauf langsamer. Die ununterbrochen in der Länge ostwärts ablaufende eigene Längenbewegung der Fixsternsphäre bewirkt den Ablauf auf diesen Spiralen. Die andere Bewegung, nämlich vor, zurück, nach rechts und nach links wird von der Circitor-Sphäre durch kleine Kreise um die Äquinoktien erzeugt.")[220] Der Rücklauf erfolgt, weil "die eigene Bewegung der Circitor-Sphäre schneller ist als die Eigenbewegung der Fixsternsphäre.")[221] Diese Einwirkung der Circitor-Sphäre wird möglich, weil durch den Umschwung der Achse der Circitor-Sphäre diese Sphäre einmal eine zur Fixsternsphäre parallele Achse mit gleicher Bewegungsrichtung des mittleren Kreises besitzt und nach einem Umschwung der Achse der Circitor-Sphäre um π wiederum eine parallele Achse, aber jetzt mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung des mittleren Kreises besitzt. "In zwei Vierteln des Umschwungs [der Achse der Circitor-Sphäre] wird die Circitor-Sphäre gleichsinnig zu der Fixsternsphäre bewegt, in zwei Vierteln

gegensinnig. Wenn die Circitor-Sphäre in die gleiche Richtung gedreht wird, beschleunigt sie und versetzt die Fixsternsphäre in schnelle Bewegung, wenn sie in die Gegenrichtung gedreht wird, verlangsamt sie und bewegt sogar rückwärts, weil sie schneller als die Fixsternsphäre ist.")[222]

Fracastoro überlagert, um eine Ungleichheit erzeugen zu können, einer gleichförmigen Rotation eine andere gleichförmige Rotation. Dieser nach der Ptolemäischen Theorie in der Ebene bei nicht konzentrischen Kreisen mögliche Ansatz ist nicht auf die Rotation konzentrischer Sphären übertragbar.

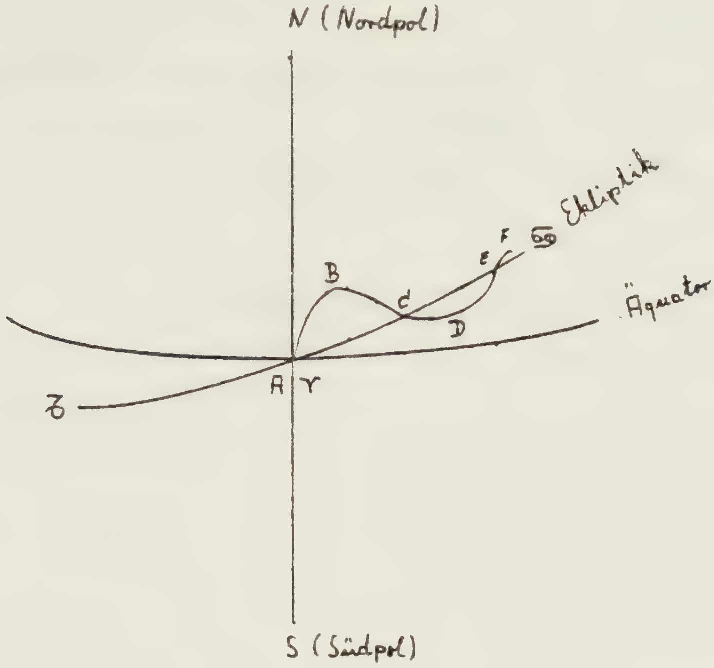
3. <u>Die Erklärung einer immer direkten Bewegung der Fixsternsphäre mit veränderlichen Äquinoktien.</u>

Um diesen in Länge und Breite veränderlichen Bewegungsablauf der Fixsterne erklären zu können, benutzt Fracastoro das gleiche System wie zuvor: "Nur ein kleiner Unterschied wird in dem Sphärensystem hinzugefügt: wenn oben die Circitor-Sphäre in ihrer Bewegung schneller als die Fixsternsphäre angenommen wurde, dann muß sie jetzt nicht schneller, sondern langsamer sein.")[223] Durch diese Geschwindigkeitsverteilung sollen die Fixsterne in ihrem Bewegungsablauf "nicht Spiralen [helices], sondern gewisse Windungen [flexus], enger werdende Bögen [sinus] aufzeichnen, wie zum Beispiel ABC und CDE und EFG und so fort.")[224] In der Skizze von Fracastoro ist AGO die Ekliptik, so daß sich die Sterne in der oben angegebenen Art von der Ekliptik wegbewegen.

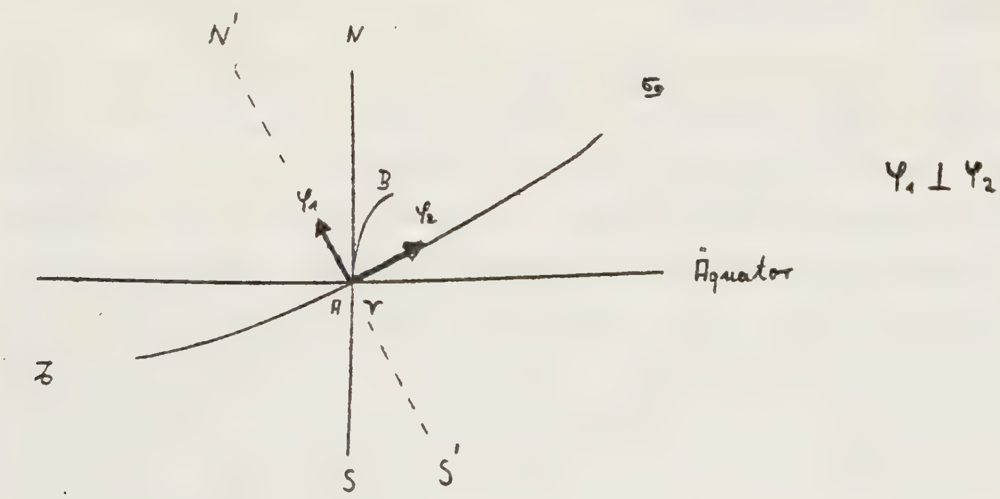


Skizze fol. 17 C

Als Teilabbildung erhält man:

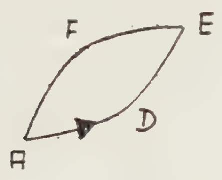
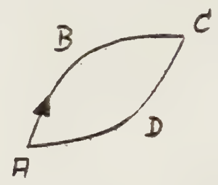


Diese Bewegung soll ihre Ursache in dem von der Circitor-Sphäre erzeugten kleinen Kreis oder Oval haben. Der einzige Unterschied zu dem in Kapitel 14 (Teil I) beschriebenen Bewegungsablauf liegt in der Bewegungsrichtung des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre: Hier hat der mittlere Kreis eine Rotationsrichtung von S' nach N' und deshalb wird ein Bogen nach oben beschrieben. Aus



der Bewegungsrichtung φ_1 wird der mittlere Kreis der Circitorsphäre durch den Umschwung ihrer Achse in die Bewegungsrichtung φ_2 gedreht. Die Zusammensetzung aller Bewegungsrichtungen zwischen φ_1 und φ_2 soll einen Bogen $\widehat{AB}$ ergeben, dem die Fixsterne in ihrer Bewegung nachfolgen Der weitere Ablauf erfolgt in der oben beschriebenen Art)[225]:

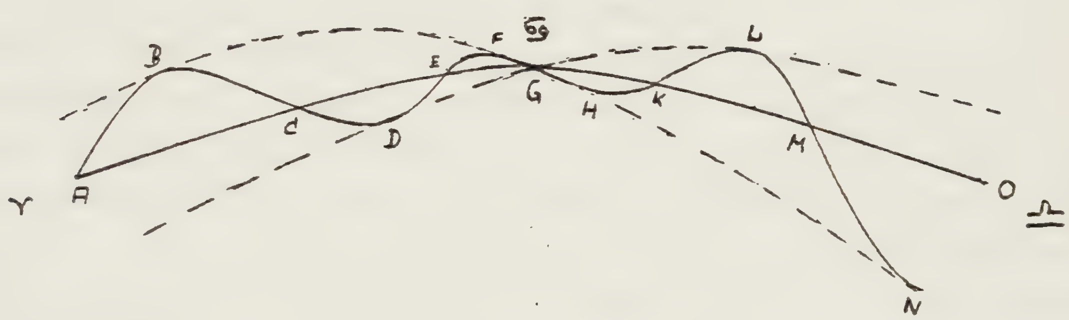
<u>Bewegungsablauf auf dem Oval</u>

nach Teil I, Kapitel 14	nach Teil II, Kapitel 15
	
1. Viertel	
$\widehat{AD}$ Breite nach Süden Länge nach Osten	$\widehat{AB}$ Breite nach Norden Länge nach Osten
2. Viertel	
$\widehat{DE}$ Breite nach Norden Länge nach Osten	$\widehat{BC}$ Breite nach Süden Länge nach Osten
3. Viertel	
$\widehat{EF}$ Breite nach Norden Länge nach Westen	$\widehat{CD}$ Breite nach Süden Länge nach Westen
4. Viertel	
$\widehat{FA}$ Breite nach Süden Länge nach Westen	$\widehat{DA}$ Breite nach Norden Länge nach Westen

Dieser Bewegungsablauf auf dem Oval überlagert sich mit der gleichförmigen Rotation der Fixsternsphäre. Dazu schreibt Fracastoro: "In einer Hälfte des Umschwungs ihrer Achse bewirkt die Circitor-Sphäre eine schnelle Bewegung der Fixsternsphäre, in der anderen Hälfte eine langsame. Zuerst ist in der schnellen Hälfte des Umschwungs die Bewegung schnell mit wachsender Geschwindigkeit)[x] , bis der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre untergeordnet zum mittleren Kreis der Fixsternsphäre liegt. Dies geschieht im ersten Viertel. Im anderen Viertel wird dann die schnelle

Bewegung fortdauernd ihre Geschwindigkeit vermindern)[x] und am Ende dieses Viertels läuft die Circitor-Sphäre im rechten Winkel in die Breite. In der anderen Hälfte ist das Geschehen entgegengesetzt. Im ersten Viertel ist die Bewegung langsam mit fortdauernd größerer Langsamkeit)[x] , bis der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre untergeordnet zu dem mittleren Kreis der Fixsternsphäre liegt. Von da an vermindert im anderen Viertel die langsame Bewegung ihre Langsamkeit)[x] bis zu der Stelle, an der der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre wiederum nur in die Breite läuft. Es gibt deshalb in dieser Bewegung vier besondere Punkte: einen mit größter Geschwindigkeit, einen mit größter Langsamkeit und zwei neutrale Punkte.")[226]

Überträgt man dies auf die Abbildung, so sind die Punkte



A , C , E , G , K und M neutrale Punkte, das heißt in diesen Punkten ist die Rotation des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre senkrecht zur Rotation des mittleren Kreises der Fixsternsphäre und die eine Bewegungsrichtung zeigt, bedingt durch die "Einfachheit" keine Wirkung in der anderen Bewegungsrichtung. In den Punkten B , F und L ist die Bewegung im mittleren Kreis der Circitor-Sphäre parallel und gleichgerichtet zu der Bewegung im mittleren Kreis der Fixsternsphäre (Punkte größter Schnelligkeit), in den Punkten D , H und N ist die Bewegung im mittleren Kreis der Circitor-Sphäre parallel aber entgegengesetzt gerichtet zu der Bewegung im mittleren Kreis der Fixsternsphäre (Punkte größter Langsamkeit).

Dies ist das von Fracastoro in den "Homocentrica" immer wieder zur Erklärung der Ungleichheiten benutzte Prinzip: Der Umschwung der Achse der Circitor-Sphäre ermöglicht eine Bewegung des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre nach allen Richtungen. Diese Bewegung überlagert sich mit einer gleichförmigen Rotation einer inneren und sterntragenden Sphäre.

Ohne befriedigende Antwort muß die Frage nach den verschiedenen Bögen in den Ekliptikvierteln $\widehat{AG}$ und $\widehat{GO}$ bleiben: Warum verhält sich die Umschwungzeit der Achse der Circitor-Sphäre (und damit die Umlaufzeit der Circumducens-Sphäre) zu der Umlaufzeit der Fixsternsphäre wie $5\frac{1}{2} : 1$? Es wird an keiner Stelle der "Homocentrica" deutlich, ob dieses Verhältnis zufällig in die Skizze aufgenommen wurde (Vgl. dazu Seite 50), oder ob Fracastoro die Umlaufzeiten in diesem Verhältnis bestimmt hat.
Eine weitere Besonderheit in der Darstellung ist die Verminderung der Amplituden der Bögen, die bei einer Entfernung von $\pi/2$ vom Punkt A verschwinden, "Die Windungen oder Bögen, welche von den Sternen beschrieben werden, sind weiter, wenn sie näher an den Äquinoktien sind und enger, wenn sie an den Wendepunkten liegen.")[227] Bei der Erklärung der Verminderung wird die gleiche These wie oben angewandt: Je näher die Fixsterne an die möglichen Lagen der Pole der Circitor-Sphäre gelangen, um so geringer wird die bewirkte Breitenbewegung. "Die Ursache dafür ist, daß die Circitor-Sphäre durch die eigene Bewegung am stärksten auf die Äquinoktien wirkt und dort die größte Breite erzeugt wird.")[228]
Ohne einsichtige Begründung bleibt die Begrenzung der Bögen in Großkreisen. "Der mittlere Kreis der Fixsternsphäre, welcher bald in B , bald in D , bald im mittleren Punkt, dem Wendepunkt, liegt, ist durch einen Kegel genau begrenzt.")[229] Dieser Kegel scheint die in gewissen Grenzen schwankende Ekliptik darzustellen.)[230]

4. Die Erklärung einer immer direkten Bewegung der Fixsternsphäre mit unveränderlichen Äquinoktien.

Eine Bewegung nur in der Länge mit unveränderlichen Äquinoktien macht es notwendig, daß die im vorherigen dritten Modell aufgetretene Breitenbewegung nicht an eine innere Sphäre weitergegeben wird. Dies sollen zwei neue Sphären bewirken, die Fracastoro einfügt, um eine direkte oder retrograde Bewegung längs eines Großkreises beschreiben zu können.

Er setzt als erste Sphäre unter die Contravectus-Sphäre eine Anticircitor-Sphäre mit den oben aufgezeigten Eigenschaften.)[231] Die zur Circumducens-Sphäre entgegengesetzt rotierende Contravectus-Sphäre bewirkt bei dieser Anticircitor-Sphäre durch ihre Rotation eine Breitenbewegung, die entgegengesetzt zu der der Achse der Circitor-Sphäre ist und so die von der Circumducens-Sphäre erzeugte Breitenbewegung der Circitor-Sphäre aufhebt.

Sehr düftig begründet Fracastoro die Einführung der zweiten neuen Sphäre. "Es ist notwendig, unter die Anticircitor-Sphäre ihre Contravectus-Sphäre für die Breitenbewegung zu setzen, weil sonst die Fixsternsphäre mit der Anticircitor-Sphäre in der Breite emporgehoben werden kann.")[232] Fracastoro bezeichnet diese Sphäre als "Ultimus-Contravectus-Sphäre")[233] .

Das im vierten Modell beschriebene Fünf-Sphären-System ist der Grundbaustein aller Sphärensysteme in den "Homocentrica".

Zusammenfassende Tabelle des für den Aufbau der weiteren Sphärensysteme in den "Homocentrica" grundlegenden Fünf-Sphären-Systems

Sphäre	Lage und Umlaufrichtung des mittleren Kreises	Wirkung der Sphäre
1. Circumducens-Sphäre	Solstitialkolur; Umlaufrichtung nicht festgelegt	Umschwung der Achse der Circitor-Sphäre und damit Bewegung des mittleren Kreises dieser Sphäre in alle Richtungen
2. Circitor-Sphäre	Ausgangslage im Äquinoktialkolur; in alle Richtungen	Bewegung der Gestirne über die 3., 4. und 5. Sphäre hinweg. Bewegung der Gestirne retrograd, direkt oder unbeeinflußt, falls eigene Rotation im Vergleich zur Gestirnsphäre schneller, langsamer oder senkrecht in den mittleren Kreisen
3. Contravectus-Sphäre	Solstitialkolur; Umlaufrichtung gegen die erste Sphäre	Weitergabe der Bewegung der Circitor-Sphäre. Umschwung der Achse der Anticircitor-Sphäre in einer zum Umschwung der Achse der Circitor-Sphäre entgegengesetzten Richtung
4. Anticircitor-Sphäre	Lage und Umlaufrichtung wie bei der Circitor-Sphäre	Aufhebung der durch die Circitor-Sphäre bewirkten Breitenbewegung
5. Ultimus-Contravectus-Sphäre	Angaben fehlen	Aufhebung der durch die Anticircitor-Sphäre bewirkten Breitenbewegung

Es zeigt sich, daß dieses System im Gegensatz zu dem homozentrischen System des Eudoxus nicht durch ein mechanisches Modell erfaßt werden kann.)[234]

Bei diesem sehr weit ausgearbeiteten System muß aber die Frage nach anderen schon zu Zeiten des Fracastoro bekannten homozentrischen Systemen gestellt werden.

5. Die "Homocentrica" im Vergleich mit anderen homozentrischen Systemen

5.1. Gibt es andere homozentrische Systeme mit ähnlichem Aufbau ?

Die eindeutige Lage der Sphärenachsen und die Anzahl der zur Beschreibung einer Ungleichheit notwendigen Sphären trennt die "Homocentrica" von dem zeitlich nahen Werk des Amico.)[235] In diesem 1536 erschienen Werk versucht Amico unter Benutzung des Lemmas von Nasir al-Din (1201 - 1274) mit Hilfe dreier Sphären die für den Bewegungsablauf einer Ungleichheit wichtige Oszillation sphärisch darzustellen. Die im Kapitel 7 dieser Schrift gemachte Voraussetzung, daß zwei benachbarte konzentrische Sphären sich im rechten Winkel schneiden sollen, kann bei einer sphärischen Version dieses nur in der Ebene gültigen Lemmas nicht beibehalten werden.)[236] Der Einfluß der aristotelischen Überlieferung des eudoxischen Systems wird aber, wie auch in den "Homocentrica" , dadurch ersichtlich, daß Amico die Achsen der die Ungleichheit beschreibenden drei Sphären in die Bahnebene der Planeten legt.)[237]

Dreyer ordnet durch einen Namensvergleich die Schrift "De motibus celorum" von Alpetragius in die Reihe der möglichen Quellen ein.)[238] Er glaubt, daß der in den "Homocentrica" erwähnte "Albateticus")[239] mit Alpatragius identisch sei; dies kann richtig sein, denn Fracastoro hat vieleicht Kenntnisse über dieses Werk des Alpetragius besessen, das schon im 13. Jahrhundert im Abendland eifrig diskutiert wurde. Neben dem Grundprinzip homozentrischer Sphären gibt es im Aufbau der Systeme von Alpetragius und Fracastoro keine Gemeinsamkeiten: Alpetragius beschreibt die Ungleichheiten durch auf Parallelkreisen umlaufende Epizykel)[240] , er unternimmt also den Versuch, das System des Ptolemäus auf die Kugeloberfläche zu projizieren.

Dies ist aber nicht die von Fracastoro entwickelte Darstellung der Ungleichheiten.

Im vorletzten Kapitel der "Homocentrica" : "Auf welche Art und Weise Eudoxus und Kallippus die Erscheinungen erklärten")[241] gibt Fracastoro eine Beschreibung der ersten homozentrischen Systeme. Die Angaben über die Anzahl der benötigten Sphären lassen erkennen, daß Fracastoro das achte Kapitel des Buches Λ der Metaphysik als Vorlage benutzt hat. Die "Homocentrica" scheinen der Versuch einer Erneuerung der Sphärentheorie des Aristoteles zu sein. In den "Homocentrica" werden aber wesentliche aristotelische Prinzipien nicht genau beachtet, vielmehr gibt Fracastoro mehrfach eine eigene Interpretation dieser Prinzipien.)[242] Die Bewegungen längs der Ekliptik oder längs des Äquators sind die einzigen verschiedenen Kreisbewegungen, die Aristoteles am Himmel zuläßt.)[243] Eine Rotation der Sphären um drei zueinander senkrechte Achsen wird von Aristoteles nicht als natürliche Bewegung definiert, obwohl er diese drei Richtungen erwähnt.)[244]

Die Schrift des Schiaparelli über die homozentrischen Systeme von Eudoxus und Kallippus)[245] zeigt, daß diese Systeme nicht mit dem System in den "Homocentrica" verglichen werden können, denn die Größe der Rückläufe wird durch verschiedene Neigungen der Sphärenachsen erzeugt und die von den Planeten beschriebene Kurve der Hippopede besitzt einen Doppelpunkt, während das von Fracastoro angenommene Oval ohne Doppelpunkt ist.

Das Sphärensystem in den "Homocentrica" des Fracastoro unterscheidet sich wesentlich von den anderen homozentrischen Sphärensystemen, ein Vergleich mit diesen ist nicht möglich.

5.2. Die Kritik Contarinis an einem homozentrischen System des Fracastoro

Wie schon oben erwähnt)[246], führte Fracastoro im Jahre 1530 mit Kardinal Contarini einen Briefwechsel über ein homozentrisches System.
Dieses System muß eine Vorstufe des Systems in den "Homocentrica" gewesen sein, denn in diesen benötigt Fracastoro für jede Ungleichheit fünf Sphären . Es ergeben sich für die Fixsterne fünf Sphären, für den Saturn, Jupiter und Mars je zehn Sphären, fünf Sphären für die Sonne, für Venus und Merkur je zehn Sphären und für den Mond fünf Sphären. Zählt man noch das primum mobile, acht sterntragende Sphären, eine sublunare Sphäre und vier "Contravectus-Sphären zwischen den Planeten")[247] dazu, so erhält man 79 Sphären. Diese Zahl stimmt aber nicht mit der von Fracastoro in seinem Antwortbrief gegebenen Anzahl von "fast 60 Sphären")[248] überein.

Eine Erklärung für diesen Unterschied scheint durch die Kritik Contarinis an der Breitenbewegung der Circitor-Sphäre möglich: "Bei der Bewegung aller Planeten, welche durch die Circitor-Sphäre zurückbewegt werden, ist es nicht ersichtlich, warum sie durch die Bewegung der Circitor-Sphäre nicht soviel in die Breite bewegt werden, wie die Größe des Rücklaufs beträgt. Wenn nämlich die Circitor-Sphäre in gleichförmiger und gleicher Rotation bewegt und herumgeführt wird, so muß sie durch die gleichförmige Rotation der Circumducens-Sphäre gleichartig nach allen Richtungen wirken. Die eigene Bewegung der Circitor-Sphäre müßte die Planeten in die Breite bewegen, ebenso die Pole um so viel Grade und so weit, wie die Circitor-Sphäre zurückbewegen kann.")[249] Fracastoro erwidert: "Du fragst weiter, warum alle Planeten durch die Circitor-Sphäre nicht so weit in die Breite bewegt werden wie sie in der Länge bewegt, denn die Circitor-Sphäre muß in der Breite weiter bewegen, weil dort keine Eigenbewegung der Planeten entgegenwirkt.

Wir entgegnen, daß dies durch ein Akzidens geschieht und zwar durch die Circumducens-Sphäre und die Contranitens-Sphäre)[250] , welche wir teils in die mittleren Punkte [z.B. Solstitien] und teils in die Schnittpunkte [z.B. Äquinoktien oder Knoten] stellen, wo eine Breite bewirkt werden soll. Wenn nun die Circitor-Sphäre in ihrer eigenen Bewegung langsamer und schwächer ist als Contranitens- und Circumducens-Sphäre dann kann sie nicht in die Breite bewegen, wenn sie aber stärker ist, wird sie nur dem Verhältnis nach bewegen.")[251] Obwohl Fracastoro scheinbar diese Kritik zurückweist, kann sie die Ursache der Hinzufügung der Anticircitor-Sphäre und deren Contravectus-Sphäre sein, zumal auch die Namen dieser Sphären nirgendwo in diesem Briefwechsel erwähnt werden.

Nimmt man die von Fracastoro möglicherweise hinzugefügten acht Paare von Anticircitor- und Contravectus-Sphäre zu den "fast 60 Sphären" hinzu, so ergibt sich nahezu die Anzahl der Sphären in den "Homocentrica".

Eine von Contarini geäußerte Kritik über die Verletzung aristotelischer Prinzipien durch die Definition der Einfachheit dreier Rotationen um zueinander senkrechte Achsen beantwortet Fracastoro folgendermaßen: "Die gerade bewegten Körper besitzen drei Richtungen der Bewegung und daher werden die Sphären, welche die gerade bewegten Körper begrenzen, auch drei Richtungen der Bewegung haben. Das Universum besteht nämlich aus gerade und sphärisch bewegten Körpern und das ist ein Ganzes, was in drei Richtungen begrenzt wird. Wenn nun der eine Teil, nämlich der der Natur nach gerade bewegte Teil die drei Richtungen der Bewegung besitzt, dann muß auch der der Natur nach sphärisch bewegte Teil jene drei Richtungen der Bewegung besitzen, besonders auch deshalb, weil dieser Teil auf den ersten Teil einwirkt und ihn in sich trägt.")[252] "Wenn es nur drei Richtungen gibt, welche begrenzt werden müssen, nämlich jene, welche sich im rechten Winkel schneiden, so können die

begrenzenden Achsen auch der Zahl nach nur drei sein.")[253] Fracastoro begründet die für sein System grundlegende rechtwinklige Lage der Achsen der Sphären aus den von Aristoteles vorgegebenen Richtungen. Diese senkrechten Achsen der Rotationen bilden nach Fracastoro keinen Widerspruch zu den Prinzipien des Aristoteles über den Verlauf der Ekliptik: "dieser wollte nichts anderes, als daß der Kreis nicht notwendig senkrecht zum primum mobile sei.")[254]

Fracastoro erwähnt an keiner Stelle der "Homocentrica" einen unbewegten Beweger, so daß die Möglichkeit einer Bewegung nach den Prinzipien des Aristoteles in einem weiteren Punkt nicht gegeben ist. Contarini bemerkt schon in seinem Brief über das homozentrische System dazu: "Du sagst in Deiner dritten These, daß eine untere Sphäre nur durch die Mithilfe einer Akzidens von einer oberen Sphäre bewegt wird, und Du sagst, daß die Bewegung jenes Mitnehmen ist)[255], zu welchem bei den Sphären allein die Berührung ausreicht, weil unter den Sphären kein Widerspruch und keine Gegensätzlichkeit ist. Erkennst Du nicht, daß diese These, falls Du nicht mehr hinzufügst, unsinnig ist, denn nach Ansicht des Philosophen im Buch über die Bewegung der Tiere bedarf es für das Bewegte eines ruhenden Punktes.")[256] Fracastoro antwortet, daß der ruhende Punkt sphärisch bewegter Körper "in einem Zentrum und in der Erde")[257] liegt, was aber völlig den Thesen des Aristoteles widerspricht.)[258]

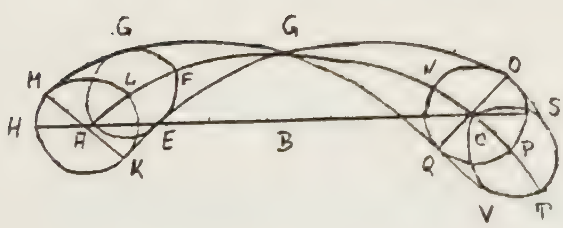
Die Kritik Contarinis bestätigt die Vermutung, daß Fracastoro die Systeme des Eudoxus und des Kallippus nach der Überlieferung des Aristoteles wiederherstellen wollte. Die von Contarini aufgezeigte Schwäche einer viel zu großen Breitenbewegung scheint ihn zur Einfügung weiterer Sphären veranlaßt zu haben; dies mußte aber scheitern, denn das von Fracastoro benutzte Prinzip der Überlagerung gerichteter Größen ist falsch.

6. Die Beschreibung der Bewegungen der Gestirne durch das Sphärensystem des Fracastoro

6.1. Die Fixsterne

6.1.1. Die Darstellung älterer Systeme durch Fracastoro

Vor der Darlegung seiner eigenen Theorie beschreibt Fracastoro ältere, die Trepidation der Fixsterne erklärende Systeme.)[259] Als erstes ein System, bei dem über die Fixsternsphäre eine andere Sphäre gesetzt wird, welche die tägliche Bewegung bewirkt. "Die Fixsterne bewegen sich so, daß auf dieser Sphäre unter den Äquinoktion liegende Punkte immer kleine Kreise in entgegengesetzte Richtungen beschreiben. Um diese Äquinoktien vollenden zwei andere Punkte in einer Entfernung von 4;18° kleine und vollständige Kreise.")[260] Aus dieser Zahlenangabe und der Hinzufügung der neunten Sphäre kann man folgern, daß Fracastoro die Bewegung der Fixsterne nach dem System des Thabit b. Qurra beschreiben will.)[261] Dies bestätigt auch ein Vergleich der von Fracastoro dazu gegebenen Skizze)[262] mit der von Carmody benutzten Illustration.)[263]



Skizze fol. 15 D
(um $\pi/2$ gedreht)

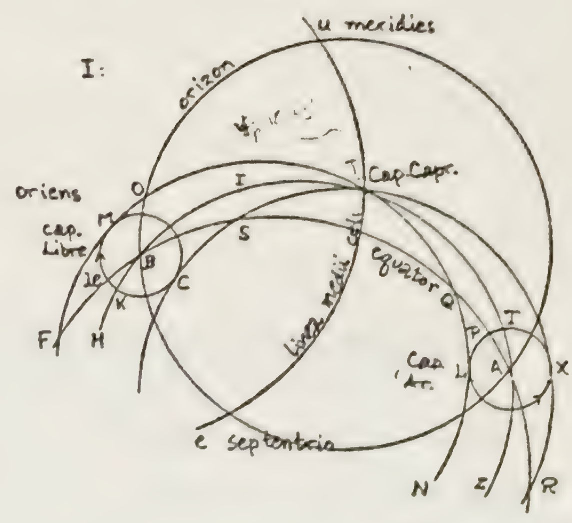
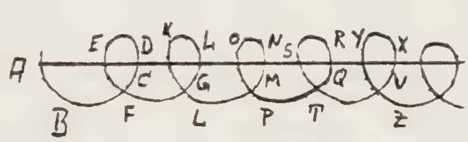


Illustration des Systems des
Thabit b. Qurra nach Carmody

Man erkennt in beiden Skizzen wohl dasselbe Vorbild, aber der von Fracastoro in den "Homocentrica" gewählte Text zu dieser Skizze ermöglicht keine Wertung.)[264] Ebenso kann durch die von Fracastoro angegebene Periode von 1800 Jahren)[265] keine exakte Zuordnung des von Fracastoro beschriebenen Systems zu dem des Thabit vorgenommen werden. Nicht minder dürftig ist die von Fracastoro gegebene Darstellung eines anderen Systems der "Vorfahren" : "Sie setzten zuerst das primum mobile, von welchem die tägliche Bewegung gegeben wird und die für uns die zehnte Sphäre ist. Darunter setzten sie die neunte Sphäre, deren mittlerer Kreis parallel zur Ekliptik verläuft und durch welche die Fixsternsphäre längs der Ekliptik in 200 Jahren um 1;28° bewegt wird. Unter diese Sphäre setzten sie die Fixsternsphäre welche dann in der Bewegung der Trepidation läuft.")[266] Diese "Vorfahren" scheinen, wie die Anzahl der Sphären zeigt, das Alfonsinische System entwickelt zu haben.)[267] Fracastoro beschreibt den durch dieses System erzeugten Bewegungsablauf als retrograd)[268] : " Der Bewegungsablauf geschieht mehr längs Spiralen, welche im Vorlauf größer und im Rücklauf kleiner sind.")[269] und verdeutlicht dies durch eine Skizze.)[270]



Skizze fol. 16 B
(um $\pi/2$ gedreht)

6.1.2. Die Erklärung der Bewegung der Fixsterne nach Fracastoro

Im Kapitel 16 des zweiten Teils : "Quantus sit Aplanes motus")[271] versucht Fracastoro eine quantitative Erfassung der Bewegung der Fixsterne aus den ihm bekannten Beobachtungswerten. Ebenso wie Kopernikus übernimmt er die Werte

der Messungen älterer Astronomen)[272] in dem unerschütterlichen Glauben, daß diesen keine Meßfehler unterlaufen sein könnten und versucht deshalb, die von diesen bestimmtem Werte in einer Theorie zusammenzufassen.

Fracastoro geht dabei nach einer Methode vor, die der heutigen, an der Erfahrung orientierten Wissenschaft nahekommt:

1) Aufstellen einer Hypothese ,
2) Herleitung einer Theorie aus den quantitativen Aussagen der Meßwerte ,
3) Vorhersage von anderen Werten durch die Theorie und Überprüfung der Vorhersagen durch Beobachtungen)[273],
4) Endgültige Formulierung der nun "induktiv" bestätigten Theorie.

Zu 1) <u>Aufstellen einer Hypothese</u>

Da aus den Beobachtungen eine ungleichförmige Bewegung der Fixsterne folgt, muß der Zeitpunkt festgelegt werden, an dem nur die mittlere Bewegung der Fixsternsphäre vorhanden war. Daß dies zur Zeit der Geburt Christi der Fall war)[274], begründet Fracastoro folgendermaßen: "Es scheint mir nun, daß zu der Zeit der Geburt Christi die mittlere Bewegung die Bewegung der Fixsterne gewesen ist. Ungefähr 143 Jahre vor diesem Zeitpunkt lebte Hipparch und fast 143 Jahre danach Ptolemäus. Wieviel nämlich zur Zeit des Hipparch an der mittleren Bewegung fehlte, um so viel größer war sie zu der Zeit des Ptolemäus. Durch diese Hinzufügung und Wegnahme zeigt die Messung, daß die Fixsternsphäre in 100 Jahren 1° vollendet.")[275] Der zweite Bezugspunkt liegt in der Zeit, zu der die überlagerte Trepidation am größten war. Fracastoro setzt diesen Zeitpunkt in die Zeit des al-Battānī, der im 9. Jahrhundert nach Christus lebte.)[276] Die Periode der Trepidation beträgt damit 3600 Jahre und hat einen Nullpunkt zur Zeit der Geburt Christi.

In den ersten 900 Jahren wächst die Ungleichheit bis zu einem Maximum, um in den nächsten 900 Jahren wieder auf den Wert Null abzufallen. In den nachfolgenden 900 Jahren verringert sich die Größe der Ungleichheit weiter und vermindert die mittlere Bewegung. Nach 2700 Jahren ist die geringste Bewegung der Fixsternsphäre erreicht und in den nachfolgenden 900 Jahren nimmt die Ungleichheit so zu, daß nach 3600 Jahren wieder ein Zeitpunkt erreicht wird, an dem nur eine mittlere Bewegung der Fixsternsphäre vorhanden ist.)[277]
Fracastoro geht dann über zur

2) <u>Herleitung einer Theorie aus den Meßwerten</u>

und zeigt zuvor, daß dieser Bewegungsablauf durch seine Theorie der Zusammensetzung der Sphärenbewegungen erklärt werden kann.

Die Periode der Trepidation wird durch den Umschwung der Achse der Circitor-Sphäre erzeugt. Zur Zeit der Geburt Christi rotierte der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre senkrecht zu dem mittleren Kreis der Fixsternsphäre. Damit lag die Achse der Circitor-Sphäre im mittleren Kreis der Fixsternsphäre und der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre konnte mit seiner Bewegung (nämlich der Rotationsgeschwindigkeit der Circitor-Sphäre) nicht auf die Fixsternsphäre wirken. Die Achse der Circitor-Sphäre bewegt sich dann im ersten Viertel ihres Umlaufs "unterhalb des Südens")[278] und nach 900 Jahren ist die Achse der Circitor-Sphäre parallel zu der der Fixsternsphäre. Durch die gleiche Rotationsrichtung der mittleren Kreise der Sphären ist die Bewegung der Fixsternsphäre dann am größten. Die Beschreibung des weiteren Ablaufs der Überlagerung erübrigt sich, denn es ist ersichtlich, wie die Circitor-Sphäre eine Verminderung der Bewegung der Fixsternsphäre bewirkt.

Fracastoro leitet nun aus den Meßwerten der 900 Jahre von Christi Geburt bis al-Battāni eine Gesetzmäßigkeit ab.

Er benutzt dabei die im Kapitel 9 des zweiten Teils angegebenen Meßwerte.)[279] Die Sterne bewegten sich von Ptolemäus bis al-Battānī um 11;30°)[280] und von Christi Geburt bis Ptolemäus um etwa 1;30°)[281] , so daß für 900 Jahre eine Bewegung um 13° beobachtet wird. Davon bewirkt die mittlere Bewegung 9°, während die restlichen 4° auf die 900 Jahre verteilt werden müssen.

Fracastoro gibt, ohne die Methode seiner Berechnung anzudeuten, folgende Tabelle:)[282]

gr.	m.	sec.
0	5	20
	10	40
	16	
	21	20
	26	40
	32	
	37	20
	42	40
	48	
4	0	0

Diese Tabelle entstand aus dem Problem, eine arithmetische Folge zu finden, deren Summe 4° beträgt, die aus 9 Gliedern besteht und deren Anfangsglied gleich der Differenz ist:

$$s_n = \frac{n}{2}\left[2a_1 + (n-1)\cdot d\right]$$

$$240' = \frac{9}{2}\left[2d + 8d\right]$$

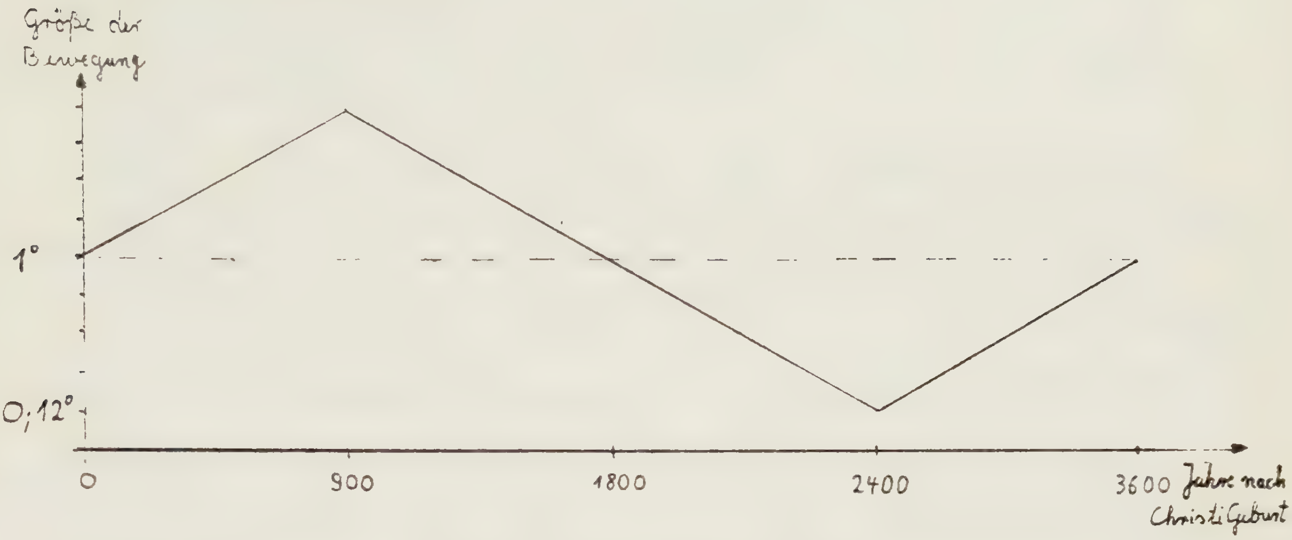
$$240' = 45d$$

$$\boxed{d = 5'20'' = 0;05,20^\circ}$$

Mit diesem Wert erhält man für den Bewegungsablauf der Fixsternsphäre während einer Periode einer Ungleichheit die folgende Tabelle:

Jahre nach Christi Geburt	Bewegung der Fixsterne in 100 Jahren		Änderung bezüglich eines Ausgangpunktes
	Mittlere Bewegung	Ungleichheit	
0	1°	0°	0°
100	1°	+ 0;05,20°	1;05,20°
200	1°	+ 0;10,40°	2;16°
300	1°	+ 0;16°	3;32°
400	1°	+ 0;21,20°	4;53,20°
500	1°	+ 0;26,40°	6;20°
600	1°	+ 0;32°	7;52°
700	1°	+ 0;37,20°	9;29,20°
800	1°	+ 0;42,40°	11;12°
900	1°	+ 0;48°	13°
1000	1°	+ 0;42,40°	14;42,40°
1100	1°	+ 0;37,20°	16;20°
1200	1°	+ 0;32°	17;52°
1300	1°	+ 0;26,40°	19;18,40°
1400	1°	+ 0;21,20°	20;40°
1500	1°	+ 0;16°	21;56°
1600	1°	+ 0;10,40°	23;06,40°
1700	1°	+ 0;05,20°	24;12°
1800	1°	0°	25;12°
1900	1°	- 0;05,20°	26;06,40°
2000	1°	- 0;10,40°	26;56°
2100	1°	- 0;16°	27;40°
2200	1°	- 0;21,20°	28;18,40°
2300	1°	- 0;26,40°	28;52°
2400	1°	- 0;32°	29;20°
2500	1°	- 0;37;20°	29;42,40°
2600	1°	- 0;42,40°	30°
2700	1°	- 0;48°	30;12°
2800	1°	- 0;42,40°	30;29,20°
2900	1°	- 0;37,20°	30;52°
3000	1°	- 0;32°	31;20°
3100	1°	- 0;26,40°	31;53,20°
3200	1°	- 0;21,20°	32;32°
3300	1°	- 0;16°	33;16°
3400	1°	- 0;10,40°	34;05,20°
3500	1°	- 0;05,20°	35°
3600	1°	0°	36°

Die graphische Darstellung des Bewegungsablaufs ergibt eine Zickzackkurve.



Diese Zickzackkurve kann man durch eine Fourier-Reihe umschreiben:

$$\alpha = 1^\circ + 0;48^\circ \cdot \frac{8}{\pi}\left[\sum_{i \in \mathbb{N}} (-1)^{i-1} \cdot \frac{\sin (2i-1) \cdot \frac{a}{10}}{(2i-1)^2}\right] ,$$

wobei a die Anzahl der verflossenen Jahre seit Christi Geburt angibt und $a/10$ eine Winkelgröße im Bogenmaß ist. Die Fourier-Reihe zeigt, daß eine elementare Form der Beschreibung dieses Bewegungsablaufs nicht gefunden werden kann.

Fracastoro untersucht nun die von ihm angegebenen Werte und kommt so zur

3) Vorhersage anderer Werte und deren Überprüfung durch Beobachtungen.

Erste Überprüfung für die Zeit von al-Battānī bis zur Erstellung der Alfonsinischen Tafeln: in diesen 350 Jahren bewegte sich Spica um 5;54°.)[283]

Man erhält diese Größe aus der Summe von mittlerer Bewegung und Trepidation:

$$3;30^\circ + 2;24^\circ = 5;54^\circ .$$

Der Wert 2;24° stimmt nahezu mit der aus der obigen Tafel möglichen Bestimmung der Ungleichheit überein.

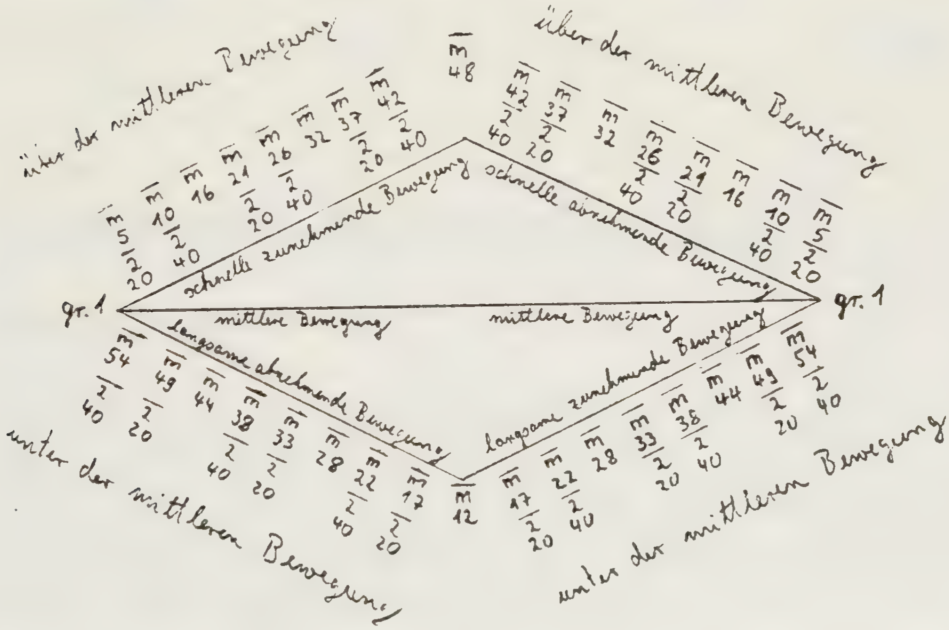
Im ersten Jahrhundert nach al-Battānī betrug die Ungleichheit 0;48°, im zweiten Jahrhundert 0;42,40°, im dritten Jahrhundert 0;37,20° und in den ersten 50 Jahren des vierten Jahrhunderts nach al-Battānī 0;16°, was zusammen die gesuchten 2;24° ergibt.)[284]

Zweite Überprüfung für die Zeit von der Erstellung der Alfonsinischen Tafeln bis zu den Lebzeiten des Fracastoro)[285]: in diesen 280 Jahren bewegte sich Spica um 3;57°.)[286] Dieser Wert muß sich folgendermaßen aus einer Summe ergeben:

2;48°	+	1;09°	=	3;57°
(mittlere Bewegung)		(Ungleichheit)		

Aus der obigen Tabelle über die Ungleichheit erhält man für die letzten 50 Jahre des vierten Jahrhunderts nach al-Battānī 0;13°)[287], im fünften Jahrhundert nach al-Battānī 0;26,40°, im sechsten Jahrhundert 0;21,20° und für die ersten 30 Jahre des siebten Jahrhunderts nach al-Battānī 0;08°)[288], was als Summe den Wert 1;09° bestätigt.)[289] Fracastoro glaubt, daß er durch diese beiden Berechnugen eine Bestätigung seiner Theorie erhalten hat und gibt eine

4) Formulierung der endgültigen Theorie in einem Graphen.)[290]



Skizze fol. 19 C und 19 D

6.1.3. Das Sphärensystem der Fixsterne)[291]

Durch das Fünf-Sphären-System des Fracastoro kann die Fixsternsphäre nicht den oben aufgezeigten Bewegungsablauf erhalten. Fracastoro nimmt für diesen vergeblichen Ansatz an, daß die Circitor-Sphäre in einem Viertel des Umschwungs ihrer Achse 4° Breite erzeugen könne)[292] und die Rotation der sechsten Sphäre nicht wahrnehmbar sei.)[293]

Sphäre	Umlaufzeit	Mittlerer Kreis	
		Lage	Umlaufrichtung
1. primum mobile	24^h	Äquator	von Ost nach West
2. Circumducens-Sphäre	3600^a	Solstitialkolur	von Nord nach Süd
3. Circitor-Sphäre	langsamer als Fixsternsphäre	Ausgangslage im Äquinoktialkolur	in alle Richtungen
4. Contravectus-Sphäre	3600^a	Solstitialkolur	von Süd nach Nord
5. Anticircitor-Sphäre	wie Circitor-Sphäre	Angabe fehlt	in alle Richtungen
6. Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Angabe fehlt
7. Fixsternsphäre	36000^a	Ekliptik	Angabe fehlt

6.2. Das Sphärensystem der oberen drei Planeten

6.2.1. Vorbemerkungen

Fracastoro gibt eine richtige Umschreibung der Gemeinsamkeiten im Bewegungsablauf der oberen Planeten. Die Längenbewegung dieser Planeten ist in der Konjunktion direkt und am schnellsten, in der Opposition retrograd und am langsamsten. Die Breitenbewegung ist in den Schnittpunkten [sectiones])[294] mit der Ekliptik gering.)[295] Die Schnittpunkte der Planetenbahnen mit der Ekliptik

haben keine feste Lage, sondernwandern in 100 Jahren um 1°)[296], sie liegen für Saturn in den Zeichen Cancer (90° - 120°) und Capricornus (270° - 300°))[297], für Jupiter in 23° Cnc (= 113°) und Capricornus (270° - 300°))[298] und für Mars in 15° Tau und im Zeichen Scorpius (210° - 240°))[299].

Über den siderischen Umlauf der Planeten findet man in den "Homocentrica" die folgenden Angaben : beim Saturn ist die "größte Langsamkeit")[300] in 13° Sgr (= 253°) und die "größte Schnelligkeit")[301] in 13° Gem (= 73°))[302], Jupiter besitzt die "größte Langsamkeit" in 23° Vir (= 173°), die "größte Schnelligkeit" in 23°Psc (=353°))[303] und Mars hat die "größte Langsamkeit" in 15° Leo (= 135°), die "größte Schnelligkeit" in 15° Aqr (= 315°))[304]. Die mittlere Größe der stündlichen, täglichen und monatlichen Bewegung gibt Fracastoro bis zum sechsten Teil eines Grades nach Ptolemäus an)[305], der siderische Umlauf beträgt nach seinen Angaben für Saturn $29^a 162^d 12^h$)[306], für Jupiter $11^a 313^d 10^h$)[307] und für Mars $1^a 321^d 23^h$)[308], wobei Fracastoro den Monat zu 30 Tagen annimmt)[309] und als Jahreslänge etwa $365^d.2500$ (Julianisches Jahr) anzusetzen scheint.)[310]

Die Tafeln für die stündliche, tägliche und monatliche "mittlere Bewegung der Ungleichheit")[311] sind bei allen drei oberen Planeten bis auf den sechsten Teil eines Grades mit den Werten aus dem Almagest identisch.)[312] Die Dauer eines synodischen Umlaufs bestimmt Fracastoro auch hier auf der Grundlage des Julianischen Jahres: Saturn vollendet 57 Umläufe in $59^a 1^d$ und fast 18^h, was $378^d 1^h 30^m$ für einen Umlauf entspricht)[313], beim Jupiter sind dies 65 Umläufe in 71 Jahren, was 13 Monaten, 8^d und fast 21^h (oder 1^a, 1 Monat, 3^d und fast 15^h) entspricht)[314] und Mars hat 37 Umläufe in $79^a, 3^d$ und fast 12^h, was einer Zeit von 2^a, 1 Monat und fast 19^d für einen Umlauf entspricht)[315].

Die "maximale Breite")[316] gibt Fracastoro für den Saturn zu 7° an)[317], für Jupiter zu 4°)[318] und für den Mars als maximale südliche Breite 7°, als maximale nördliche Breite 4;20°)[319].

Fracastoro beschreibt dann das Ptolemäische System der drei oberen Planeten, er vergleicht aber nicht die von ihm angegebenen Werte mit denen des Ptolemäus.

6.2.2. Das Sphärensystem des Saturn

Bei der Darstellung der einzelnen Systeme wird zur Vervollständigung der Untersuchung der "Homocentrica" besonders auf die Stellen eingegangen, bei denen alle alten Astronomen Schwierigkeiten in der Beschreibung hatten, so zum Beispiel bei der in den mittleren Punkten immer nördlichen Breite der Venus)[320], bei den verschiedenen nördlichen und südlichen Breiten des Mars)[321] oder bei der Erklärung der verschiedenen Erdnähen des Merkur)[322]. Der Grundgedanke im Aufbau des Systems bleibt unverändert: einer gleichförmigen Rotation einer Sphäre um eine raumfeste Achse wird eine Rotation einer inneren konzentrischen Sphäre mit veränderlicher Achsenlage zur Erzeugung einer Ungleichheit überlagert.

Die siderische Ungleichheit des Saturn wird durch eine Circitor-Sphäre erzeugt, deren Achse in der Breite im mittleren Kreis einer Circumducens-Sphäre bewegt wird und in $29^a 162^d 12^h$ einen Umschwung vollendet. Die Circitor-Sphäre selbst besitzt eine Rotation, die langsamer ist als der siderische Umlauf, der auch die Zeit für den Umlauf der Saturn-Sphäre ist. Während nun der mittlere Kreis der Planetensphäre, die im Sphärensystem des Saturn die unterste Sphäre ist, parallel zur Ekliptik liegt, läuft der mittlere Kreis der Circumducens-Sphäre senkrecht zur Ekliptik in einem Großkreis "durch die mittleren Punkte zwischen den Schnittpunkten")[323] mit der Ekliptik und

bewegt die Achse der Circitor-Sphäre in dieser Ebene. Dadurch schneidet der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre die Ekliptik in den Zeichen Gemini und Sagittarius und bewirkt Bewegungen in alle Richtungen. Da ein Umschwung der Achse in der Zeit eines siderischen Umlaufs geschieht und "die eigene Rotation der Circitor-Sphäre langsamer als die Bewegung des Saturn")[324] ist, wird bei paralleler Lage der Achsen von Circitor-Sphäre und Planetensphäre für entgegengesetzte Drehrichtungen nie ein Rücklauf auftreten können, sondern nur eine Verlangsamung. Die Circitor-Sphäre kann die darunterliegende Contravectus-Sphäre "in der Bewegung der Trepidation")[325] bewegen und gibt dadurch eine Beschleunigung an die darunterliegenden Sphären weiter. Die nachfolgenden Sphären (Anticircitor-Sphäre und deren Contravectus-Sphäre) verhindern eine zu große Breitenbewegung im siderischen Umlauf.

Die synodische Ungleichheit des Saturn wird durch ein weiteres Fünf-Sphären-System erzeugt. Der mittlere Kreis der Circumducens-Sphäre wird in einen zur Ekliptik senkrechten Großkreis durch die Zeichen Cancer und Capricorn gesetzt und die Achse der Circitor-Sphäre rotiert mit dem der Circumducens-Sphäre eigenen Umlauf in $378^d 1^h 30^m$ in dieser Ebene. Nach dieser genauen Angabe der Zeit eines Umschwungs der Achse der Circitor-Sphäre beschreibt Fracastoro die Eigenrotation der Circitor-Sphäre als "viel schneller als die Bewegung der Saturn-Sphäre")[326]. Überlagert sich diese Bewegung mit der in der siderischen Umlaufzeit rotierenden Saturn-Sphäre, so entstehen Stillstände und Rückläufe, weil nur die Projektion des "Geschwindigkeitsvektors" auf die Richtung der Saturnbwegung mit dieser zusammenwirkt. Der gemeinsame Ablauf von siderischer und synodischer Bewegung bewirkt die verschiedenen Formen der Bögen der synodischen Umläufe.)[327] Die Breitenbewegung des Saturn wird von der zweiten

Circitor-Sphäre und deren Anticircitor-Sphäre folgendermaßen erzeugt: die "Bewegung" der Anticircitor-Sphäre (Umschwung der Achse oder Eigenroration ?) ist von der der Circitor-Sphäre so verschieden, daß in den mittleren Punkten eine Breite von 7° erreicht wird. Weiterhin bewirkt die "minimal" von der zweiten Sphäre des Saturnsystems verschiedene Bewegung der vierten Sphäre (Umschwung der Achse oder Eigenrotation ?) eine "unmerkliche" Breite in den Knoten.)[328]

Das Sphärensystem des Saturn)[329]

Sphäre	Umlaufzeit	Mittlerer Kreis	
		Lage	Umlaufrichtung
1. Circumducens-Sphäre	$29^a 162^d 12^h$	Großkreis senkrecht zur Ekliptik durch Pisces und Virgo	Angabe fehlt
2. Circitor-Sphäre	langsamer als Planet	Ausgangslage im Großkreis durch 13° Sgr und 13° Gem	in alle Richtungen
3. Contravectus-Sphäre	wie 1. Sphäre	wie 1. Sphäre	gegen 1. Sphäre
4. Anticircitor-Sphäre	wie 2. Sphäre (?))[330]	wie 2. Sphäre	wie 2. Sphäre
5. Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Angabe fehlt
6. Circumducens-Sphäre	$378^d 1^h 30^m$	Großkreis senkrecht zur Ekliptik durch Gemini und Sagittarius	Angabe fehlt
7. Circitor-Sphäre	schneller als Planet	Ausgangslage im Großkreis durch Pisces und Virgo	in alle Richtungen
8. Contravectus-Sphäre	wie 6. Sphäre	wie 6. Sphäre	gegen 6. Sphäre
9. Anticircitor-Sphäre	wie 7. Sphäre (?)	wie 7. Sphäre	wie 7. Sphäre
10. Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Angabe fehlt
11. Saturnsphäre	$29^a 162^d 12^h$	Ekliptik	von West nach Ost

6.2.3. Das Sphärensystem des Jupiter

Das Sphärensystem des Jupiter entspricht dem des Saturn. Die Größe der Umlaufzeiten und die für die Lage der mittleren Kreise der Sphären notwendigen Angaben findet man im Abschnitt 6.2.1.

Das Sphärensystem des Jupiter enthält die von Fracastoro zuvor nicht erwähnte "Solitarius-Contravectus-Sphäre")[331], die durch ihre Lage unter der Saturnsphäre verhindern soll, daß sich Jupiter in der gleichen Art wie Saturn in der Länge bewegt. Deshalb läuft diese Sphäre "in der Länge gegen den Saturn")[332]. Es wird aber nicht notwendig, eine Sphäre gegen die Breitenbewegung des Saturn zu setzen, weil es geschieht, daß "diese Bewegungen mit den Bewegungen der Circitor-Sphären und der Circumducens-Sphären des Jupiter vermischt werden.")[333] Die Begründung der Ablehnung ist bemerkenswert: "Je weniger Sphären wir einfügen, desto gefälliger und deutlicher werden wir verstanden.")[334]

Die Einfügung dieser Sphäre wurde von Fracastoro schon in seinem ersten System vorgenommen. Contarini bemerkt dazu: "Weil zu einer Sphäre nur eine Bewegung gehört, kann sich diese Sphäre nur auf eine Art bewegen. Es folgt somit, daß diese eine Bewegung nur für eine einzige Bewegung des Saturn die Wirkung auf den Jupiter wegnehmen kann.")[335] Fracastoro bestätigt in seiner Entgegnung die Möglichkeit einer Einwirkung der Bewegungen des Saturn zum Jupiter hin. "Die Bewegung des Saturn in der Länge gelangt, auch wenn sie sich zu der mittleren Bewegung des Jupiter addiert, wegen der Contranitens-Sphäre)[336] keineswegs zum Jupiter. Wenn aber die Bewegung hinzugefügt wird, die in einer Richtung schnell und in der anderen retrograd ist, dann wird vielleicht beim Jupiter irgendeine Verschiedenheit fühlbar, weil er schnell oder retrograd mit dem Saturn bewegt wird. Ein Hinweis dafür sind die im direkten Lauf und im Rücklauf ungleichartig beobachteten

[synodischen] Umläufe [des Jupiter].")[337]

Wenn Fracastoro die Möglichkeit der Weitergabe von Bewegungen zwischen den Planeten zuläßt, wird das Geschehen in den Sphärensystemen noch undurchsichtiger, zumal die Größe einer weitergegebenen Bewegung an keiner Stelle der "Homocentrica" zu finden ist.

In der weiteren Untersuchung bleibt die gegenseitige Beeinflussung der Sphärensysteme der verschiedenen Planeten auch deshalb unberücksichtigt, weil der tägliche Umlauf der Planeten von der Solitarius-Contravectus-Sphäre nicht behindert wird.

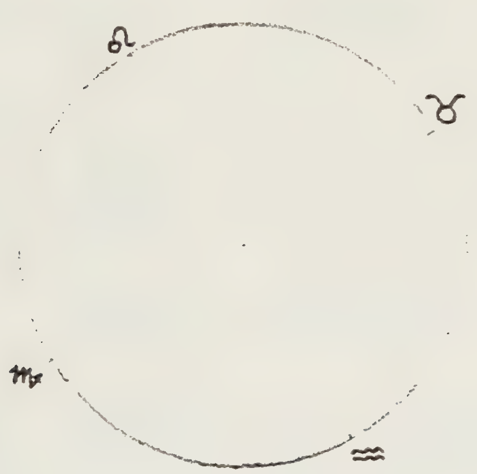
Das Sphärensystem des Jupiter)[338]

Sphäre	Umlaufzeit	Mittlerer Kreis	
		Lage	Umlaufrichtung
1. Solitarius-Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Angabe fehlt
2. Circumducens-Sphäre	$11^a 313^d 20^h$	Großkreis senkrecht zur Ekliptik durch Gemini und Sagittarius	Angabe fehlt
3. Circitor-Sphäre	langsamer als Planet	Ausgangslage im Großkreis durch 23° Vir und 23° Psc	in alle Richtungen
4. Contravectus-Sphäre	wie 2. Sphäre	wie 2. Sphäre	gegen 2. Sphäre
5. Anticircitor-Sphäre	wie 3. Sphäre (?)	wie 3. Sphäre	wie 3. Sphäre
6. Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Angabe fehlt
7. Circumducens-Sphäre	$398^d 21^h$	Großkreis senkrecht zur Ekliptik durch 23° Cnc und 23° Sgr	Angabe fehlt
8. Circitor-Sphäre	schneller als Planet	Ausgangslage im Großkreis durch Libra und Aries	in alle Richtungen
9. Contravectus-Sphäre	wie 7. Sphäre	wie 7. Sphäre	gegen 7. Sphäre

10. Anticircitor-Sphäre	wie 8. Sphäre (?)	wie 8. Sphäre	wie 8. Sphäre
11. Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Angabe fehlt
12. Jupitersphäre	$11^a 313^d 20^h$	Ekliptik	von West nach Ost

6.2.4. Das Sphärensystem des Mars

Bei der Beschreibung der Bewegungen des Mars muß Fracastoro die verschiedenen maximalen nördlichen und südlichen Breiten erklären. Dies soll der Umschwung der ersten Circitor-Sphäre bewirken, denn unter diese Sphäre setzt Fracastoro weder die Anticircitor-Sphäre noch deren Contravectus-Sphäre.



Bewegt sich Mars in der Ekliptik aus dem Zeichen Scorpius über Aquarius in das Zeichen Taurus, so läuft die Achse der Circitor-Sphäre gleichzeitig in einem Großkreis senkrecht zur Ekliptik durch die Zeichen Scorpius und Taurus und bewirkt eine Bewegung des mittleren Kreises der Marssphäre (hier in die Zeichenebene). Die Folge ist, daß der sich nördlich der Ekliptik befindliche Planet (hier über der Zeichenebene) nach Süden (zur Zeichenebene hin) bewegt wird.
Läuft Mars aus dem Zeichen Taurus über Leo in das Zeichen Scorpius, dann erhält er eine größere südliche Breite, denn die weitergedrehte Achse der Circitor-Sphäre bedingt in diesem Bogen für den mittleren Kreis der Circitor-Sphäre eine Bewegung in südlicher Richtung (in die Zeichenebene); eine vorhandene südliche Breite wird vergrößert.)[339]

Dieser Effekt wird möglich, weil die Schnittpunkte der Marsbahn mit der Ekliptik und die Stellen der mittleren siderischen Bewegung zusammenfallen und der Umschwung der Circitor-Sphäre zeitgleich zum siderischen Umlauf des Mars ist.)[340]

Das Sphärensystem des Mars)[341]

Sphäre	Umlaufzeit	Mittlerer Kreis	
		Lage	Umlaufrichtung
1. Solitarius-Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Angabe fehlt
2. Circumducens-Sphäre	$1^a\,321^d\,23^h$	Großkreis senkrecht zur Ekliptik durch 15° Tau und 15° Sco	Angabe fehlt
3. Circitor-Sphäre	langsamer als Planet	Ausgangslage im Großkreis durch 15° Leo und 15° Aqr	in alle Richtungen
4. Contravectus-Sphäre	wie 2. Sphäre	wie 2. Sphäre	gegen 2. Sphäre
5. Circumducens-Sphäre	$2^a\,31^d\,5^h$	wie 2. Sphäre	wie 2. Sphäre
6. Circitor-Sphäre	schneller als Planet	wie 3. Sphäre	in alle Richtungen
7. Contravectus-Sphäre	wie 5. Sphäre	wie 2. Sphäre	gegen 5. Sphäre
8. Anticircitor-Sphäre	wie 6. Sphäre (?)	wie 6. Sphäre	wie 6. Sphäre
9. Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Angabe fehlt
10. Marssphäre	$1^a\,321^d\,23^h$	Ekliptik	von West nach Ost

6.3. Das Sphärensystem der Sonne

6.3.1. Vorbemerkungen

Die folgenden zeitlichen und räumlichen Beobachtungen der Sonnenbewegung teilt Fracastoro mit:

1) Die Schnittpunkte der Sonnenbahn mit dem Äquator sind identisch mit den Schnittpunkten von Ekliptik und Äquator.)[342]

2) Ein Umlauf der Sonne längs des mittleren Tierkreises dauert 365 Tage und fast 6 Stunden.)[343]

3) Die Eigenbewegung der Sonne erzeugt die Jahre und die Jahreszeiten.)[344]

4) Die Bewegung von Ost nach West bewirkt Tag und Nacht.)[345]

5) Die Sonne läuft an 178 Tagen südlich und an 187 Tagen nördlich vom Äquator. Aus diesem Unterschied folgen die Verschiedenheiten im täglichen Lauf: $0;59,08^{\circ}$ als Mittelwert, $0;57^{\circ}$ als minimaler und $1;01^{\circ}$ als maximaler Bogen.)[346]

6) Das Zeitmaß "ein Jahr" muß, falls eine Trepidation vorhanden ist, durch den Rücklauf der Sonne zu einem Fixstern gemessen werden, falls keine Trepidation vorhanden ist, sind die Äquinoktien Bezugspunkte.)[347]

7) Die Jahreslänge ist verschieden:

1) vor Ptolemäus	$365^d 6^h$	)[348]
2) Ptolemäus	$365^d 6^h - (\frac{1}{300})^d$	($\approx 4^m 12^s$ einer Stunde)[349]
3) al-Battani	$365^d 6^h - (\frac{1}{100})^d$	($\approx 15^m 12^s$ einer Stunde)[350]
4) "anderer Astronom"	$365^d 6^h - (\frac{1}{136})^d$	)[351].

8) Die Neigung der Sonnenbahn gegen den Äquator (Schiefe der Ekliptik) vermindert sich :

1) Ptolemäus	$23;51^{\circ}$	)[352],
2) al-Battani	$23;35^{\circ}$	)[353],
3) Regiomontan	$23;28^{\circ}$	)[354].

6.3.2. Die Erklärung der verschiedenen Jahreslängen durch Fracastoro

Fracastoro versucht mit Hilfe der von ihm aufgestellten Theorie der Bewegung der Fixsterne die Verschiedenheit der Jahreslängen zu erklären. Er geht dabei von dem Grundsatz aus, daß keiner der alten Astronomen eine falsche Beobachtung gemacht hat. Um seine "Prinzipien zu retten" formt er um diese als unbedingt richtig angesehenen Werte seine weitere Theorie und glaubt so das in der Einleitung gemachte Versprechen erfüllen zu können, mit der "Homocentrica" zur notwendigen Kalenderreform beizutragen.)[355]

Das zu lösende Problem wird so umschrieben: "Es ist klar, daß die Jahreslänge anders als zur Zeit des Ptolemäus ist, denn von Christi Geburt bis heute sind 1535 Jahre vergangen, was 5 mal 300 Jahre sind. Nach der Theorie des Ptolemäus müssen die Äquinoktien von Christi Geburt bis zu unserer Zeit 5 Tage früher sein, aber es steht fest, daß sie ungefähr 13 Tage früher sind. Zur Zeit der Geburt Christi waren die Äquinoktien am 24. März)[356] und heute werden sie am 11. März beobachtet. Auch das, was al-Battānī für 700 Jahre beobachtete, ist nicht richtig. Wenn die Äquinoktien in 100 Jahren einen Tag vorlaufen, so müssen sie von Christi Geburt bis heute 15 Tage vorgelaufen sein.")[357] Fracastoro sieht die Ursache nicht in ungenauen Messungen der anderen Astronomen, sondern er stellt fest, daß "keine Stetigkeit für den Vorlauf der Äquinoktien zu beobachten ist.")[358]

Eine Einwirkung der Bewegung der Fixsternsphäre auf die Bewegung der Sonne begründet Fracastoro dadurch, "daß die Sonne von der Fixsternsphäre irgendwelche Änderungen und Wechselläufe aufnimmt, und zwar im Vergleich zu den anderen Planeten deshalb am meisten, weil ihre Bewegung mit der der Fixsternsphäre parallel läuft.")[359] Die Theorie der Bewegungen der Fixsternsphäre kann somit in Uberein-

stimmung mit den in den "Homocentrica" angegebenen Prinzipien als Grundlage einer Theorie der verschiedenen Jahreslängen genommen werden. Fracastoro entwickelt seine Theorie unter Beachtung der folgenden Tabellen.

1. Tabelle: Änderung der Jahreslänge von 400 vor Christus bis zur Geburt Christi)[360]

Zeitintervall	Änderung der Bewegung der Fixsterne
4. Jahrhundert v. Chr.	+ 0;05,20°
3. Jahrhundert v. Chr.	+ 0;10,40°
2. Jahrhundert v. Chr.	+ 0;16°
1. Jahrhundert v. Chr.	+ 0;21,20°
	+ 0;53,20°

Der Vorlauf der Äquinoktien betrug in diesem Zeitraum etwa 22^h.)[361]

2. Tabelle: Änderung der Jahreslänge in der Zeit von Christi Geburt bis al-Battānī

Zeitintervall	Änderung der Bewegung der Fixsterne
1. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;26,40°
2. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;32°
3. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;37,20°
4. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;42,40°
5. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;48°
6. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;53,20°
7. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;58,40°
8. Jahrhundert n. Chr.	+ 1;04°
9. Jahrhundert n. Chr.	+ 1;09,20°
	+ 7;12

Der Vorlauf der Äquinoktien betrug in diesem Zeitraum etwa 7 Tage und 7 Stunden.)[362]

3. Tabelle: Änderung der Jahreslänge in der Zeit von Hipparch bis Ptolemäus)[363]

Zeitintervall	Änderung der Bewegung der Fixsterne
im 2. Jahrhundert v. Chr. (- 142 bis - 100)	+ 0;08°
1. Jahrhundert v. Chr.	+ 0;21,20°
1. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;26,40°
im 2. Jahrhundert n. Chr. (+ 100 bis + 143)	+ 0;10°
	+ 1;06°

Der Vorlauf der Äquinoktien betrug in diesem Zeitraum ein Tag und etwa drei Stunden.)[364]

4. Tabelle: Änderung der Jahreslänge in der Zeit von Meton bis Ptolemäus)[365]

Zeitintervall	Änderung der Bewegung der Fixsterne
von Meton bis zur Geburt Christi	+ 0;53,20° (Tabelle 1)
1. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;26,40°
im 2. Jahrhundert n. Chr. (+ 100 bis + 143)	+ 0;10°
	+ 1;30°

Damit war der Vorlauf der Äquinoktien in 571 Jahren)[366] etwas mehr als $1\frac{1}{2}$ Tage, was nach Fracastoro zeigt, daß "diese Theorie nicht viel von den Bebachtungen des Ptolemäus abweicht.")[367]

5. Tabelle: Änderung der Jahreslänge in der Zeit von al-Battāni bis Fracastoro)[368]

Zeitintervall	Änderung der Bewegung der Fixsterne)[365]
10. Jahrhundert n. Chr.	+ 1;09,20°
11. Jahrhundert n. Chr.	+ 1;04,00°
12. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;58,40°
13. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;53,20°
14. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;48°
15. Jahrhundert n. Chr.	+ 0;42,40°
	+ 5;36°

Aus der zweiten und fünften Tabelle erhält man einen Wert von 12;48°, was etwa einem Vorlauf von 13 Tagen entspricht. Fracastoro folgert daraus, daß er mit diesen aus der von ihm entwickelten Theorie der Fixsternbewegung entstandenen Tafeln eine Lösung des Problems der verschiedenen Jahreslängen gefunden hat. Er sagt für eine Änderung der Fixsternbewegung um 0;38,40°)[370] eine exakte Jahreslänge von $365^d 6^h$)[371] voraus. "Von diesem Zeitpunkt an werden die Äquinoktien nicht mehr vorlaufen, sondern nachlaufen und die Jahrslänge hat mehr als einen Vierteltag.")[372]

Man kann diese Tabellen so zusammenfassen, daß man wie bei der Bewegung der Fixsternsphäre eine Zu- oder Abnahme von 0;05,20° in einem Jahrhundert ansetzt. Liegt der Nullpunkt der Abweichung vom Julianischen Jahr im vierten Jahrhundert vor Christus, so ergibt sich bis in das 22. Jahrhundert ein Rücklauf der Äquinoktien, vom 22. Jahrhundert bis in das 32. Jahrhundert ist ein Vorlauf vorhanden und danach sind die Äquinoktien bis in das 36. Jahrhundert wieder rückläufig. Die Periode beträgt somit 3600 Jahre.

<u>Tabelle der für die Berechnung der verschiedenen Jahreslängen notwendigen zusätzlichen Bögen der Bewegung der Äquinoktien</u>

Anzahl der Jahrhunderte nach Christus	Zusätzlicher Bogen
1	+ 0;26,40°
2	+ 0;32°
3	+ 0;37,20°
4	+ 0;42,40°
5	+ 0;48°
6	+ 0;53,20°
7	+ 0;58,40°
8	+ 1;04°

9	+ 1;09,20°
10	+ 1;04°
11	+ 0;58,40°
12	+ 0;53,20°
13	+ 0;48°
14	+ 0;42,40°
15	+ 0;37,20°
16	+ 0;32°
17	+ 0;26,40°
18	+ 0;21,20°
19	+ 0;16°
20	+ 0;10,40°
21	+ 0;05,20°
22	0°
23	- 0;05,20°
24	- 0;10,40°
25	- 0;16°
26	- 0;21,20°
27	- 0;26,40°
28	- 0;21,20°
29	- 0;16°
30	- 0;10.40°
31	- 0;05,20°
32	0°
33	+ 0;05,20°
34	+ 0;10,40°
35	+ 0;16°
36	+ 0;21,20°

Diese Werte ermöglichen eine Bestimmung der Variation der Jahreslänge nach der Theorie des Fracastoro. Der Rücklauf der Äquinoktien beträgt pro Jahrhundert maximal 1;09,20° und der Vorlauf maximal 0;26,40°, was eine jährliche Änderung um 0;00,41,36° bzw. 0;00,16° bewirkt. Gemessen an der mittleren Bewegung der Sonne entsprechen diese Bögen einer Zeit von $1013{,}3^s$ bzw. $389{,}7^s$. Damit schwankt die Jahreslänge J nach der Theorie des Fracastoro in den Grenzen

$$365^d 6^h - \left(\frac{1}{85{,}29}\right)^d \leq J \leq 365^d 6^h + \left(\frac{1}{221{,}73}\right)^d.$$

Eine weitere Ursache einer Änderung der Jahreslänge sieht Fracastoro in der Abnahme der Schiefe der Ekliptik. Er gibt zu, daß wegen der geringen Größe von 0;23° in 1385 Jahren)[373] "diese Verschiedenheit nicht wahrzu-

nehmen oder zu messen")[374] ist.

Bei der vorstehenden Diskussion der Tabellen des Fracastoro ist diese mögliche Einwirkung auf die Länge des Jahres nicht berücksichtigt worden.

6.3.3. Das Sphärensystem der Sonne

Da die Sonne keine Rückläufe zeigt, fehlt in ihrem Sphärensystem das zweite Fünf-Sphären-System. Das Problem der sich stetig vermindernden Schiefe der Ekliptik erörtert Fracastoro nochmals zusammen mit den dadurch bewirkten Veränderungen irdischer Geschehnisse.)[375]

Weil jeder Planet in seinem Bewegungsablauf von der Änderung der Schiefe der Ekliptik betroffen ist, muß Fracastoro im Sphärensystem der Fixsterne der auf die unteren Sphären wirkenden Contravectus-Sphäre eine weitere Eigenschaft zuordnen. "Wir haben deshalb eine Contravectus-Sphäre gesetzt, damit die Fixsternsphäre nicht gleichzeitig mit der Circumducens-Sphäre in der Breite herumbewegt wird. Wenn man nun diese Contravectus-Sphäre so einsetzt, daß sie nicht völlig gleich zur Circumducens-Sphäre umläuft, sondern ein wenig abweichend und in Graden so wenig, daß es nur viel später bemerkt werden kann, dann wird notwendigerweise unter dieser Contravectus-Sphäre die Fixsternsphäre in der Breite bewegt, aber dies ist erst nach vielen Jahrhunderten zu beobachten.")[376] Diese im Sphärensystem der Fixsterne erzeugte Bewegung kann durch die gegen die einzelnen Planeten laufenden Solitarius-Contravectus-Sphären an einem Weiterwirken auf die unteren Sphären nicht gehindert werden.

Im Sphärensystem der Sonne fehlt eine Anticircitor-Sphäre denn die Schnittpunkte [Äquinoktien] bewegen sich "in Breite wie in Länge gleich viel".)[377] Wer allerdings eine "unnütze Vielheit der Sphären" (!))[378] nicht vermeiden will, setzt zwei weitere Sphären: eine Anticircitor-Sphäre und

deren Contravectus-Sphäre. Die Einfügung dieser beiden Sphären ist aber nicht unbedingt notwendig, denn die Bewegung der Äquinoktien ist nicht genau zu beobachten, zumal "von einer Sphäre nichts anderes den Sinnen zugänglich ist als die Sterne.")[379]

Das Sphärensystem der Sonne)[380]

Sphäre	Umlaufzeit	Mittlerer Kreis	
		Lage	Umlaufrichtung
1. Solitarius-Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Angabe fehlt
2. Circumducens-Sphäre	0;59,08° pro Tag	Solstitialkolur	von Süd nach Nord
3. Circitor-Sphäre	langsamer als Sonne	Ausgangslage im Äquinoktialkolur	in alle Richtungen
4. Contravectus-Sphäre	wie 2. Sphäre	wie 2. Sphäre	gegen 2. Sphäre
5. Sonnensphäre	wie 2. Sphäre	Ekliptik	von West nach Ost

6.4. Die Sphärensysteme von Venus und Merkur

6.4.1. Vorbemerkungen

Fracastoro bemerkt, daß beide Planeten nie in Opposition zur Sonne stehen und erkennt die Gleichheit der mittleren Bewegung von Venus und Merkur mit der mittleren Bewegung der Sonne. Er muß aber für beide diese mittlere Bewegung erneut erzeugen, da nach seiner Theorie "bei zwei gleichsinnig bewegten , ineinandergeschachtelten Sphären die kleinere Sphäre immer schneller bewegt wird.")[381]

Die folgenden, nicht immer exakten Werte gibt Fracastoro an: die Schnittpunkte mit der Ekliptik liegen für Venus bei 1° Ari (= 1°) und 1° Lib (= 181°))[382] , für Merkur bei 1° Aqr (= 301°) und 1° Leo (= 121°))[383] . Venus hat die

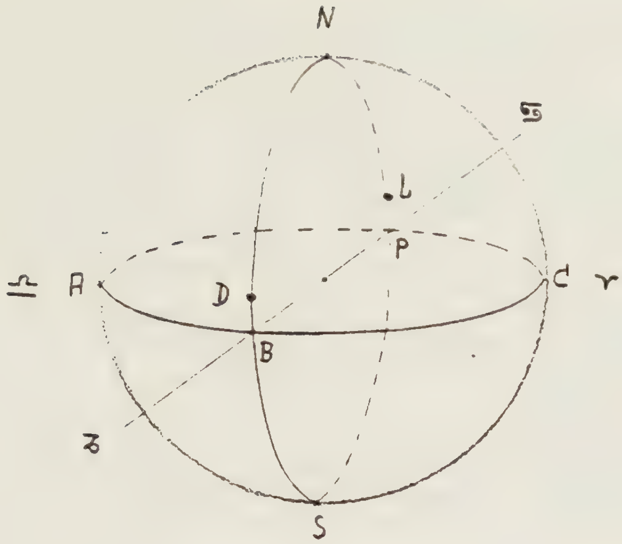
"höchste Schnelligkeit" in 1° Cap (= 271°) , die höchste Langsamkeit" in 1° Cnc (= 91°))[384] , während Merkur ein besonderes Verhalten zeigt: man findet zwei Stellen "höchster Schnelligkeit" , die eine in 10° Ari (= 10°), die andere in 9° Aqr (= 309°), die beiden Stellen der "höchsten Langsamkeit" liegen in 10° Lib (= 190°) und im Zeichen Gemini.)[385] Diese Besonderheit belegt Fracastoro durch eine falsche Wiedergabe der Merkur-Messungen des Ptolemäus und diskutiert dann dessen Theorie in der Darstellung des Peurbach.)[386] Die stündliche, tägliche und monatliche mittlere siderische Bewegung gibt Fracastoro nach den Werten des Ptolemäus an)[387] , seine Angaben für die synodischen Umläufe sind bei Venus 19 Monate, $16^d 9^h$)[388] (oder fünf Umläufe in acht Jahren))[389] und bei Merkur 145 Umläufe in 40 [richtiger Wert 46] Jahren)[390] , was einem Umlauf in $115^d 22^h$ entsprechen soll.)[391]

Die Elongation beträgt bei Venus im Mittel 45;30° und maximal 47;32°, bei Merkur im Mittel 22;30° und maximal 26;30°.)[392]

Die Breitenbewegung ist so, daß die Venus um die mittleren Punkte eine immer nördliche Breite von 0;16° besitzt, in den Schnittpunkten steht sie sowohl 7° nördlich als auch 7° südlich der Ekliptik)[393] ; Merkur zeigt in den Schnittpunkten eine nördliche oder südliche Breite von 4;05° , während er in den mittleren Punkten immer 0;45° südlich der Ekliptik ist.)[394]

6.4.2. Das Sphärensystem der Venus

Das Sphärensystem der Venus entspricht im Aufbau den Sphärensystemen der oberen drei Planeten. Die in den mittleren Punkten immer nördliche Breite der Venus erklärt Fracastoro unter Beachtung seiner Theorie der Überlagerung der Sphärenbewegungen folgendermaßen: Die Achse der



Skizze fol. 35 D; sphärisch und um $\pi/2$ gedreht.

Circitor-Sphäre wird im mittleren Kreis der Circumducens-Sphäre in einem Jahr durch einen Großkreis durch 1° Ari und 1° Lib senkrecht zum mittleren Kreis der Venussphäre bewegt. Beginnt nun der zeitgleich zum Umschwung der Achse der Circitor-Sphäre laufende Planet seinen Umlauf in A, und läuft die Achse der Circitor-Sphäre im "süd-östlichen Viertel" mit einem Pol von S nach C, so geht die Eigenrotation des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre aus der Ausgangsrichtung A→B→C zur Rotationsrichtung S→B→N über und bewirkt, daß der von A nach B laufende Planet nicht in B, sondern nördlich davon, nach D, gelangt. Läuft nun der Pol der Circitor-Sphäre von C aus weiter über N nach A, so wandert der zeitgleich bewegte Planet in die Nähe des Punktes P, wird aber durch die geänderte Richtung der Eigenrotation des mittleren Kreises (von S über P nach N) nach Norden, nach L hin, abgelenkt.)[395] Dabei läßt Fracastoro gänzlich außer acht, daß nach seinen Angaben in den Punkten mit immer nördlicher Breite eine "größte Schnelligkeit oder Langsamkeit" vorhanden sein müßte, was sich aber wegen der senkrechten Lage des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre bzgl. des mittleren Kreises der Planetensphäre gegenseitig ausschließt.)[396]

Der zweiten Circitor-Sphäre kann Fracastoro diese Wirkung wegen der zeitlichen Verschiedenheit des Umschwungs der Circitor-Sphäre und der Rotation der Venussphäre nicht zuschreiben.)[397]

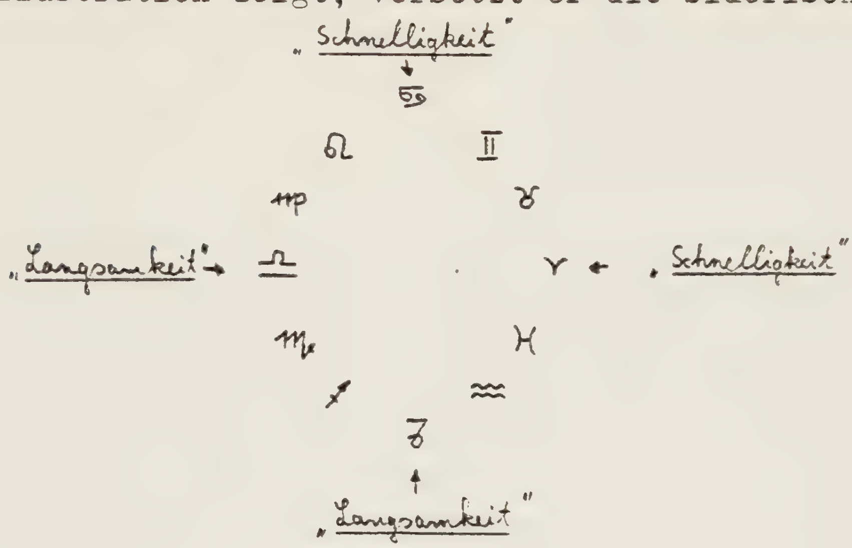
Das Sphärensystem der Venus)[398]

Sphäre	Umlaufzeit	Lage des mittleren Kreises	Wirkung der Sphäre
1. Solitarius-Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Verhindert Weitergabe der Sonnenbewegung
2. Circumducens-Sphäre	wie Sonnensphäre	Großkreis senkrecht zur Ekliptik durch 1° Ari und 1° Lib	Bewegt im mittleren Kreis die Achse der Circitor-Sphäre
3. Circitor-Sphäre	langsamer als Venus	Ausgangslage im Großkreis durch 1° Cnc und 1° Cap	Erzeugt sid. Ungleichheit und immer nördl. Breite in den mittl. Punkten (?)
4. Contravectus-Sphäre	wie 2. Sphäre	wie 2. Sphäre	Verhindert zu große Breite durch 2. Sphäre
5. Anticircitor-Sphäre	wie 3. Sphäre	wie 3. Sphäre	Läßt die von der 3. Sphäre erzeugte Breite nicht über 0;16° anwachsen
6. Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Verhindert zu große Breite durch 5. Sphäre
7. Circumducens-Sphäre	19 Monate, $16^d 9^h$	Großkreis senkrecht zur Ekliptik durch 1° Cnc und 1° Cap	Bewegt im mittleren Kreis die Achse der Circitor-Sphäre
8. Circitor-Sphäre	schneller als Venus	Ausgangslage im Großkreis durch 1° Ari und 1° Lib	Erzeugt syn. Ungleichheit und mit 3. Sphäre die verschied. Elongationen
9. Contravectus-Sphäre	wie 7. Sphäre	wie 7. Sphäre	Verhindert zu große Breite durch 7. Sphäre
10. Anticircitor-Sphäre	wie 8. Sphäre	wie 8. Sphäre	Läßt in den Schnittpunkten 7° Breite zu
11. Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Verhindert zu große Breite durch 10.Sphäre
12. Venussphäre	wie Sonnensphäre	Ekliptik	Trägt im mittl. Kreis in einer West-Ost-Bewegung den Planeten

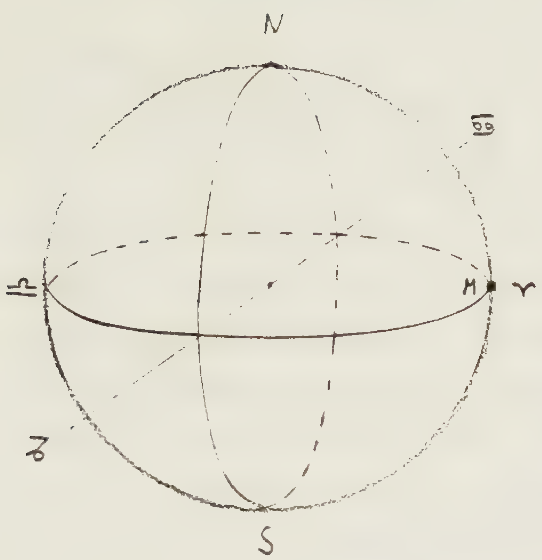
6.4.3. Das Sphärensystem des Merkur

Die immer in den mittleren Punkten beobachtete südliche Breite von 0;45° erklärt Fracastoro mit den gleichen Überlegungen wie bei der Venus; der einzige Unterschied ist der (im Vergleich zur Circitor-Sphäre der Venus) entgegengesetzte Umlaufsinn der Circitor-Sphäre des Merkur.

Bei der Darstellung der Merkur-Bewegung folgt Fracastoro nicht den von Ptolemäus gemachten Beobachtungen. Wie die Illustration zeigt, versetzt er die siderischen Ungleich-



heiten gegeneinander um einen Winkel von $\pi/2$, erhält so die für sein System wichtigen rechten Winkel und versucht diese Ungleichheiten durch eine besondere Lage der Achse der Anticircitor-Sphäre im System der ersten Circitor-Sphäre zu erklären: die Achse der Anticircitor-Sphäre ist von der Achse der Circitor-Sphäre "um ein Viertel des Umschwungs entfernt.")[399]



Diese Feststellung kann doppelt verstanden werden, nämlich zum einen, daß die Achsen von Circitor- und Anticircitor-Sphäre in der Ebene S - ♋ - N - ♑ liegen und in der Lage der mittleren Kreise um $\pi/2$ gegeneinander versetzt sind, zum anderen kann die Ebene, in der die Achse der Anticircitor-Sphäre umschwingt, um $\pi/2$ gegenüber der Umlaufebene der Achse der Circitor-Sphäre gedreht sein.

Die zweite Lage ist nach den Prinzipien des Fracastoro nicht möglich, denn die für einen Umschwung der Achse der Anticircitor-Sphäre notwendige Sphäre mit festem, zur Ekliptik senkrechten mittlerem Kreis durch die Zeichen Libra und Aries wird in diesem Sphärensystem nicht eingefügt. Der mittlere Kreis der Circumducens-Sphäre geht durch die Zeichen Capricornus und Cancer, bewegt in sich die Achse der Circitor-Sphäre und ist der mittlere Kreis der über der Anticircitor-Sphäre liegenden Contravectus-Sphäre.

In der obigen Skizze sei der zeitgleich zum Umschwung der Achsen laufende Planet in M , die Achse der Circitor-Sphäre habe die Lage NS und damit kann der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre eine schnellere Bewegung in den Zeichen Aries und Libra bewirken, der in M befindliche Planet wird beschleunigt. Die Achse der Anticircitor-Sphäre hat zur gleichen Zeit die Lage ♑♋ und der mittlere Kreis dieser Sphäre rotiere von N über M nach S. Da diese Bewegungsrichtung keine Komponente in der Richtung der Bewegung des Planeten hat, kann sie nach den Prizipien der Überlagerung der Rotationen zweier Sphären keinen Einfluß

auf die Planetenbewegung ausüben.

Bewegt sich nun ein Pol der Circitor-Sphäre von N nach ♋ , so hat die Achse die Lage ♑♋ und die Bewegungsrichtung des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre ist von S über M nach N. Die Anticircitor-Sphäre ändert ihre Achsenlage von ♑♋ nach SN und der mittlere Kreis dieser Sphäre erhält eine Bewegungsrichtung vom Zeichen Capricornus über Aries zum Zeichen Cancer. Der inzwischen nach einem Viertel seine Umlaufs im Zeichen Cancer befindliche Planet besitzt somit eine höhere Geschwindigkeit.)[400]

Der weitere Ablauf der Bewegung wird ersichtlich: Nach jeweils einer Vierteldrehung des Planeten in seiner Bahn hat die Circitor- oder die Anticircitor-Späre einen zur Planetenbahn untergeordneten mittleren Kreis und diese Sphäre gibt somit ihre Bewegungswirkung auf den Planeten weiter. Gleichzeitig bleibt die andere Sphäre mit ihrem zum mittleren Kreis der Planetensphäre senkrechten mittleren Kreis ohne Einfluß auf die Planetenbewegung.

Das Sphärensystem des Merkur)[401]

Sphäre	Umlaufzeit	Lage des mittleren Kreises	Wirkung der Sphäre
1. Solitarius-Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Verhindert Weitergabe der Venusbewegung
2. Circumducens-Sphäre	wie Sonnensphäre	Großkreis senkrecht zur Ekliptik durch die Zeichen Capricornus und Cancer	Bewegt im mittleren Kreis die Achsen von Circitor- und Anticircitor-Sphäre
3. Circitor-Sphäre	langsamer als Merkur	Ausgangslage im Großkreis durch Libra und Aries	Erzeugt sid. Ungleichheit in Libra und Aries und in den mittl. Punkten eine immer südliche Breite

4. Contravectus-Sphäre	wie 2.Sphäre	wie 2.Sphäre	Verhindert zu große Breite durch 2. Sphäre
5. Anticircitor-Sphäre	wie 3.Sphäre	wie 3.Sphäre	Erzeugt sid. Ungleichheit in Capricornus und Cancer und läßt maximal 0;45° südl. Breite zu
6. Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Verhindert zu große Breite durch 5. Sphäre
7. Circumducens-Sphäre	115^d22^h	Großkreis senkrecht zur Ekliptik durch die Zeichen Taurus und Scorpius	Bewegt im mittleren Kreis die Achse der Circitor-Sphäre
8. Circitor-Sphäre	schneller als Merkur	Ausgangslage im Großkreis durch Aquarius und Leo	Erzeugt syn. Ungleichheit und mit 3. Sphäre die verschied. Elongationen
9. Contravectus-Sphäre	wie 7.Sphäre	wie 7.Sphäre	Verhindert zu große Breite durch 7. Sphäre
10. Anticircitor-Sphäre	wie 8.Sphäre	wie 8.Sphäre	Läßt in den Schnittpunkten 4;05° Breite zu
11. Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Verhindert zu große Breite durch 10.Sphäre
12. Merkursphäre	wie Sonnensphäre	Ekliptik	Trägt im mittl. Kreis in einer West-Ost- Bewegung den Planeten

6.5. Das Sphärensystem des Mondes

6.5.1. Vorbemerkungen

Nach Fracastoro durchläuft der Mond ohne Rückläufe eine um 5° gegen die Ekliptik geneigte Bahn; die dabei auftretenden Langsamkeiten und Schnelligkeiten sind nacheinander in allen Sternzeichen zu finden.)[402] Er gibt eine stündliche und tägliche "mittlere Bewegung des Umlaufs")[403] (siderischer Umlauf zu $27^d 8^h$)[404]), eine "mittlere Bewegung der Ungleichheit")[405] (anomalistischer Umlauf zu $27^d 13^h$)[406]) und eine "mittlere Bewegung des Rücklaufs")[407] (synodischer Umlauf zu $29^d 12^h 44^m$)[408]) nach den Werten des Ptolemäus an.)[409] Da Fracastoro auch die Wanderung der Knoten zu $0;03^\circ$ pro Tag gegen die Richtung der Zeichen angibt, kennt er alle wesentlichen zeitlichen Größen der Mondbewegung. Es findet sich aber in den "Homocentrica" keine Bemerkung über den mathematischen Zusammenhang zwischen diesen Werten.)[410]

Bei der Beschreibung der Darstellung der Mondbewegungen durch die "anderen" Astronomen zeigt sich, daß Fracastoro sowohl die Besonderheiten im ptolemäischen System kennt (gegensinnige Rotation von Epizykel und Defrent))[411] , als auch eine Erklärung der Verschiedenheiten in den Quadraturen durch den Lauf des Deferenten auf einem "ovalen Kreis" geben kann.)[412] Den Urheber dieses Systems mit einem "ovalen Kreis" nennt Fracastoro, ebenso wie beim Merkur, nicht.

Dem Sphärensystem des Mondes folgt eine sublunare Sphäre mit der Aufgabe, die optischen Erscheinungen der Finsternisse und die Verschiedenheiten des Mondes in den Quadraturen zu erklären. Auch die Kometen werden in ihrem Bewegungsablauf von dieser sublunaren Sphäre beeinflußt. Die Wirkungen dieser Sphäre werden nach der Darstellung des Sphärensystems des Mondes untersucht.

6.5.2. Das Sphärensystem des Mondes

Im Vergleich zu den anderen Systemen ist das Sphärensystem des Mondes nicht ausgearbeitet. Die Ursache dafür ist wohl in der sublunaren Sphäre zu suchen, die alle weiteren Ungleichheiten erklären soll. Die Drachensphäre hat in diesem System neben der Bewegung der Knoten die Aufgabe, eine Weitergabe der Bewegung des Merkur zum Mond hin zu verhindern.

Das Sphärensystem des Mondes)[413]

Sphäre	Umlaufzeit	Mittlerer Kreis	
		Lage	Bewegungsrichtung
1. Drachensphäre	$0;03^{\circ}$ pro Tag	Ekliptik	von Ost nach West
2. Circumducens-Sphäre	$27^{d}13^{h}$	Angabe fehlt	Angabe fehlt
3. Circitor-Sphäre	langsamer als Mond	Angabe fehlt	Angabe fehlt
4. Contravectus-Sphäre	wie 2.Sphäre	wie 2. Sphäre	gegen 2. Sphäre
5. Anticircitor-Sphäre	wie 3.Sphäre	wie 3.Sphäre	wie 3. Sphäre
6. Contravectus-Sphäre	Angabe fehlt	Angabe fehlt	Angabe fehlt
7. Mondsphäre	$27^{d}8^{h}$	5° gegen die Ekliptik geneigt	von West nach Ost

7. Die sublunare Sphäre

7.1. Die Darstellung optischer Erscheinungen durch Fracastoro

Die bei den Planeten beobachteten Helligkeitsschwankungen lassen sich durch ein zur Erde konzentrisches System homogener Sphären nicht erklären. Fracastoro kennt die Lösung dieses Problems durch "die Astronomen" , welche schreiben, "daß die Sterne auf zwei Arten bald näher, bald entfernter erscheinen können: einmal durch die von ihnen so genannten Exzenter-Sphären und zum anderen durch Epizykel-Sphären.")[414] Fracastoro muß, wenn sein Sphärensystem die Erscheinungen vollständig beschreiben soll, diese Helligkeitsschwankungen erklären. Er versucht dies durch die Einfügung nicht homogener Sphären. Diese Annahme führt ihn notwendigerweise zu einer Diskussion optischer Erscheinungen.

Die größere Entfernung der Fixsterne begründet Fracastoro in den "Homocentrica" dadurch, daß die Fixsterne funkeln und die Planeten nicht. "Zitterndes Sehen ist nämlich das, was wir funkeln nennen. Es zittern nämlich nicht die Sterne, sondern das Sehen. Es ist so, daß wir durch unser Sehen weit entfernte Dinge an einem Ort festhalten wollen und dabei muß sich der Blick anstrengen.")[415] Das von mir mit "Sehen" übersetzte Wort "visus" bedeutet sowohl das Sinnesorgan, die Sinnesempfindung (sensus) als auch die Kraft, die das Empfinden bewerkstelligt (virtus sensibilis, Blick))[416] . Ebenso wie "radius" kann es auch den Begriff "Sehstrahl" meinen.)[417]

Im 8. Kapitel des 2. Teils)[418] findet man den Hauptteil der vorbereitenden optischen Betrachtungen des Fracastoro. Um den Standort der optischen Kenntnisse des Fracastoro besser bestimmen zu können, folgt im weiteren eine Übersetzung dieses Kapitels. Gleichzeitig soll dadurch die

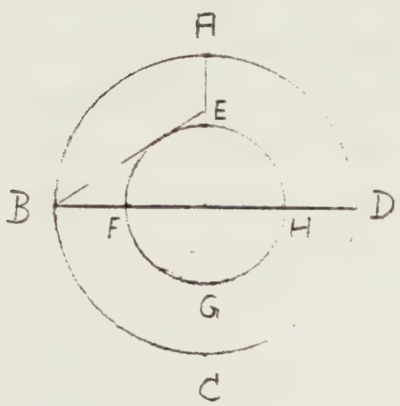
Frage nach einer weiterführenden Entwicklung der Optik durch die "Homocentrica" beantwortet werden.

" Kapitel 8: Über eine andere Art der Ursachen dieser Erscheinungen

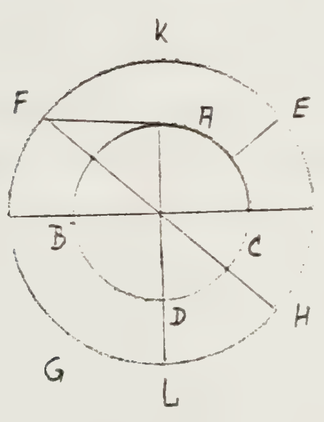
Wir werden durchaus jede der beiden dargelegten Ursachen)[419] nicht benutzen und wir behaupten ernsthaft, daß die Planeten niemals höher und niemals tiefer durch diese Ursachen gebracht werden, sondern sie werden durch andere Ursachen so gesehen, deren eine vom Medium abhängt. Ich nenne nun Medium jenen durchsichtigen Körper, durch welchen die sogenannte Spezies)[420] der sinnlich wahrnehmbaren Dinge zum Sehorgan gelangt. Es steht nämlich fest, daß alles kleiner und entfernter gesehen wird, wenn dieses Medium dünn ist, größer und näher aber, wenn dieses dick und dicht ist, was auch bei dem deutlich wird, was durch Wasser, Glas oder Kristall wahrgenommen wird. Deshalb ist auch der Gebrauch der Linsen)[421] , welche Okular genannt werden, wohlbekannt; auch erscheinen Gegenstände gebrochen, welche teils im Wasser, teils in der Luft sind (wie die Ruder))[422] . Der im Wasser liegende Teil wird näher gesehen, weshalb er nicht an jenen Teil direkt angesetzt wird, welcher in der Luft ist. Daher wird diese Erscheinung auch "gebrochen" genannt. Die von einem Medium abhängende Ursache scheint bei den Urhebern der Exzentertheorie nicht genug bekannt gewesen zu sein, denn diese betrachteten kein anderes Medium als Luft und Wasser und derartige Stoffe. Sogar Ptolemäus glaubte, als er erkannte, daß er die Ursache gewisser Erscheinungen nicht auf die Luft beziehen konnte, jede Ursache eines Mediums ausschließen zu müssen.)[423] Wir aber sagen, daß nicht allein Luft oder Wasser oder etwas in dieser Art das Medium der Spezies sei, welche von den Sternen kommen, sondern der Himmel selbst und Teile des Himmels. Was am Himmel durchsichtig ist, ist genügend klar. Die Sterne und der Mond geben

aber an, daß es irgendwo dichtere und dünnere Teile gibt. Es sind daher in den Sphären gewisse sehr dünne und sehr feine Teile, durch welche die Spezies ungebrochen läuft und gewisse sehr dichte, durch welche keinesfalls ein Spezies läuft, sondern alles wird zurückgeworfen und so sind die Sterne beschaffen.)[424] Es gibt weiter gewisse Medien, durch welche die Spezies teilweise läuft und teilweise reflektiert wird. Dies wird von einigen auch mit "Brechung" bezeichnet. Der trennende Unterschied zwischen Brechung und Reflexion ist, daß bei der Reflexion die Spezies auf keine Weise durchläuft, sondern alles prallt zurück, bei der Brechung aber dringt die Spezies, obgleich eine gewisse Reflexion stattfindet, durch das Medium und erregt das Sehorgan.)[425] Daher sind die Teile der Sphären, welche die Spezies brechen, geeignet, alles größer und näher darzustellen. Daß uns die Sterne manchmal so erscheinen, liegt zuweilen an der Luft, zuweilen nicht an der Luft, sondern an Teilen des Himmels, denn von diesen sind bald die dickeren, bald die dünneren vor die Sterne gesetzt. Die Sterne werden sich wegen dieser Ursache daher in der Luft, bei heiterem Wetter im Winter und im Süden größer, im Sommer und im Norden kleiner zeigen.)[426] Wie sie sich aber durch die einander berührenden Teile der Sphären darstellen, das werden wir später erklären.)[427] Wenn nun das Medium dicker ist, so bewirkt es, daß man einen Gegenstand größer und näher sieht. Dasselbe geschieht auch, wenn ein großes Stück eines Mediums vorhanden ist. Die Spezies, welche länger durch ein dichteres Medium laufen, stellen alle Dinge größer dar.)[428] Deshalb erscheint im Wasser der direkt an der Oberfläche liegende Gegenstand kleiner und der am Boden liegende größer. Ebenso wird jemand, wenn er durch zwei Linsen schaut und dabei die eine auf eine andere setzt, alles bei weitem größer und näher sehen.)[429] Deshalb werden all die Sterne größer und näher gesehen, welche nahe am Horizont stehen und in der Mitte des Himmels sieht man sie

kleiner und entfernter. Die Spezies läuft nämlich am Horizont durch ein dichtes Medium, durch die von vielen Dünsten erfüllte Luft, welche immer die Erde umgibt. Nun ist dies aber nicht die einzige Ursache, denn auch aus der Mitte des Himmels kommt die Spezies durch dieselben Dünste, die dicht an der Erde sind. Die Erklärung dafür



ist die, daß die Spezies nahe dem Horizont durch mehr von jener Luft dringt, in der Mitte des Himmels durch weniger. Sei EFGH die Erde, die Sphäre der Dünste um die Erde sei ABCD und BE sei der Horizont. Der nahe am Horizont stehende Stern wird längs der Linie BE gesehen, steht er aber in der Mitte des Himmels, dann sieht man ihn längs AE. BE ist nun größer als AE und deshalb geht die Spezies nahe dem Horizont durch mehr Dünste.)[430] Wegen der gleichen Ursache erscheinen uns alle Sterne, welche im Norden stehen, kleiner, den Bewohnern der südlichen Erde aber größer; jene Sterne erscheinen uns größer, wenn sie im Süden stehen, den Menschen auf der südlichen Erde stellen sie sich aber kleiner dar. Uns steht nämlich ein Stern nahe am Horizont, wenn er den Meridian durchläuft, für die Menschen im Süden der Erde steht er aber in der Mitte des Himmels. Umgekehrt ist ein Stern, der uns im



Norden in der Mitte des Himmels erscheint für die Bewohner der südlichen Erde nahe am Horizont. Sei nun ABCD die Erde, unser Horizont sei FA und die Sphäre der Dünste um die Erde sei EFGH ; der Stern sei im Norden bei E , im Süden bei F und K und L seien die Äquinoktien. Der Stern ist für uns im Süden nahe am Horizont und wird

in der Richtung FA gesehen, im Norden ist er in der Mitte des Himmels und wird längs der Strecke EA gesehen, welche die kleinere ist. Aus demselben Grunde erscheinen die Planeten größer, wenn sie in Quadratur zur Sonne sind, denn die Spezies werden durch mehr Sphären zurückgebrochen, worüber wir aber später schreiben wollen.)[431] Auch die Lage des Mediums ändert viel an den beobachteten Dingen, was bei den Linsen klar und offenbar ist. Wenn nämlich die Linse in die Mitte zwischen Gegenstand und Auge gebracht wird, erscheint der Gegenstand viel größer. Wenn die Linse aber nahe an das Auge oder nahe an den Gegenstand gestellt wird, stellt dieser sich weitaus kleiner dar. Daß Dinge größer oder kleiner erscheinen, hat zuweilen als Ursache weder die Nähe, noch die Entfernung, noch das Medium, sondern die Nachbarschaft der Spezies eines anderen Leuchtenden, das größer als jenes ist und stärker leuchtet und dadurch entweder überdeckt oder bewirkt, daß das andere Leuchtende kleiner gesehen wird.)[432] Deshalb erscheint alles Leuchtende am Tage kleiner und in der Nacht größer. Es können in der Nacht dünne Lichtstrahlen und aller Glanz gesehen werden, welcher am Tage wegen der Anwesenheit des Sonnenlichts nicht das Auge anregt. Deshalb werden auch die Sterne, wenn sie nahe bei der Sonne sind, entweder nicht oder nur schwach gesehen, ebenso verhalten sich auch die Planeten in der Nähe des Mondes.

Welches Ding auch immer größer oder kleiner gesehen wird, es erscheint gewiß so wegen irgendeiner dieser Ursachen, die dies bewirken müssen und deren Regeln wir mit sicherem Beweis dargestellt haben. Was dadurch allgemein festgelegt ist, werden wir an anderen Dingen genügend deutlich machen."

Dieses Kapitel zeigt, daß Fracastoro mehr von den den Sinnen allgemein zugänglichen Spezies als vom Licht spricht, sich somit in seinen Betrachtungen der Spezies-Lehre der Scholastik annähert)[433] und der Optik nicht zu einer Weiterentwicklung verhilft. Der von ihm zur Beschreibung der

Brechung benutzte Terminus technicus "refractio" zeigt eine Ähnlichkeit mit der Bezeichnungsweise des Bacon, denn weder Ptolemäus noch Alhazen umschreiben diese Erscheinung mit diesem Fachausdruck.)[434] Die Darlegungen über die Fortpflanzung der Spezies im dichten und dünnen Medium sind ohne tiefere Kenntnis früherer Arbeiten. Fracastoro nimmt wohl eine geradlinige Ausbreitungsrichtung der Spezies an, er benutzt aber bei keiner Skizze in den "Homocentrica")[435] die aus dem schon bekannten Brechungsgesetz)[436] folgende Aussage über den Verlauf der Strahlen beim Durchgang durch eine Grenzfläche.

Die Strecken in den Skizzen kennzeichnen nicht im Sinne der geometrischen Optik einen Lichtstrahl, vielmehr soll längs dieser Linien die Kraftwirkung der Spezies laufen. Fracastoro scheint mehr der Theorie der materiellen Spezies des Roger Bacon anzuhängen)[437] und nicht Aristoteles nachzufolgen, der das Licht als nicht materiell beschreibt.)[438]

Die Spezies-Theorie bewirkt, daß Fracastoro immer nur die Gesamtheit eines Eindrucks (eidola) erfaßt und dadurch nicht die Abstraktion zu einem Lichtstrahl hin vollziehen kann. Er betrachtet den bei ihm eng mit der Optik verbundenen Begriff der Spezies nicht im Sinne der Strahlenoptik, sondern bleibt mehr im Erfahrungsbereich einer Psychologie des Erkennens, wie auch eine andere seiner Schriften deutlich macht: "Fracastoros Dialog über die Erkenntnis ("de intellectione") ist in der Geschichte der Philosophie, wie es scheint, völlig vergessen; dennoch bildet er ein wichtiges verbindendes Glied und eine Grenzscheide zwischen der Scholastik und der moderen Denkart. Die veränderte Auffassung tritt hier freilich nur allmählich heraus und kleidet sich zunächst noch in die Begriffssprache des Mittelalters. Insbesondere ist es die Theorie der "Species" , die von Fracastoro zur Erklärung des Wahrnehmungsprocesses ohne nähere Prüfung hingenommen wird. Dass Gegenstände, die unser Ich nicht unmittelbar

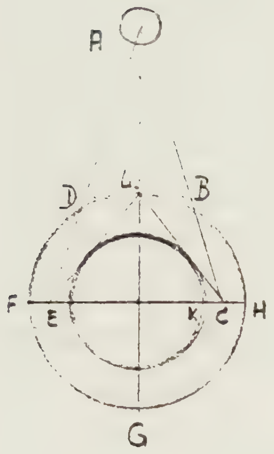
in räumlicher Nähe berühren, uns bewußt werden können, dass wir sie, nachdem ihr direkter Eindruck geschwunden, in der Erinnerung zurückerschaffen vermögen: diese Tatsache ist ihm nicht anders erklärbar, als durch die Einschaltung eines mittleren Seins, das von den Dingen in uns übergeht und als fester Bestand in uns zurückbleibt.")[439]

7.2. Die Erklärung astronomischer Erscheinungen unter Beachtung der optischen Primzipien

Im weiteren Verlauf der "Homocentrica" verwendet Fracastoro die im 8. Kapitel des zweiten Teils hergeleiteten Proportionalitäten zur Erklärung astronomischer Erscheinungen.)[440]

Eine Bestätigung der homozentrischen Theorie glaubt er darin zu finden, daß die Sonne "um die Solstitien" deshalb kleiner erscheint, weil sie dort "am meisten in der Mitte des Himmels ist.")[441] Wäre die Sphäre der Sonne aber exzentrisch, dann wäre die Sonne nur im Apogäum im Zeichen Cancer kleiner zu beobachten, in den anderen Lagen aber nicht.)[442] Diese Behauptung ist falsch, denn die scheinbare Sonnengröße schwankt zwischen 0;31,30.0° und 0;32,34.6°)[443], was schon zuvor, bis auf die Größe, von al-Battāni erkannt wurde.)[444] Aus den gleichen Voraussetzungen folgert Fracastoro ungleiche Sonnen- und Mondfinsternisse an den verschiedenen Stellen des Himmels.)[445]

Bei der Erklärung der Größenänderung des Mondes in den Quadraturen erkennt man erneut, daß Fracastoro keine Darstellung seiner Überlegungen im Sinne der geometrischen Optik gegeben haben kann. "Wir behaupten, daß der Mond deshalb in den Quadraturen gröber und näher erscheint, weil bei dieser Lage die Spezies der Sonne zum Mond hin durch mehr Spezies gebrochen wird, als an jedem anderen



Skizze fol. 42 C

Ort außerhalb der Quadraturen. Sei GFDH die Mondsphäre mit der Dicke KH. Die Sonne sei darüber in A. Der Mond sei bei C oder E in den Quadraturen. Es ist klar, daß die Spezies der Sonne oder die Strahlen zum Teil längs BC, zum Teil längs LC zum Mond kommen und zwar jene, welche am meisten gebrochen werden, über L. Ähnlich laufen in der anderen Quadratur die einen Strahlen längs DE, die anderen längs LE. Es ist klar, daß es keine längeren Linien geben kann, wenn der Mond an einen anderen Platz als diesen gesetzt wird.")[446] Fracastoro benutzt, obwohl er als Umschreibung der Linien das Wort "radius" (Strahl) nimmt, kein Brechungsgesetz für die bei D, L und B auf die Grenzfläche der Sphären treffenden Strahlen. Er ordnet dem in lotrechter Richtung auftreffenden Strahl die größte Wirkung zu, was bestätigt, daß er die Spezies mit einer Kraftwirkung verknüpft.)[447]

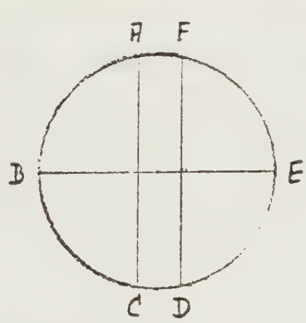
Die hierbei benutzte Proportion

Vergrößerung ~ Länge des Weges der Spezies im Medium glaubt Fracastoro nochmals durch eine zusätzliche Bemerkung bestätigen zu müssen. "Gewisse Augenlinsen haben eine so große Dichte, daß derjenige, der durch diese zum Mond oder zu einem anderen Stern blickt, diese so weit näher sieht, als ob sie nicht weiter als die Türme entfernt wären.")[448] Diese und eine andere Aussage aus dem 8. Kapitel des zweiten Teils)[449] wird von vielen Autoren immer wieder als Beweis dafür herangezogen, daß Fracastoro das Fernrohr gekannt haben muß.)[450] Bailly)[451] und Boquet)[452] verneinen diese Möglichkeit; sehr negativ äußert sich Dreyer: "Es ist ein langer Weg von dieser Entdeckung (die jede alte Frau mit zwei Brillen machen kann) bis zu der Erfindung des Fernrohrs.")[453]

Die voranstehende Diskussion belegt aber nicht, daß Fracastoro über den Aufbau eines Fernrohrs nachgedacht haben kann oder zur Entwicklung der Fernrohrs entscheidende Impulse gab. Scheinbar hat er, seiner Zeit gemäß, optische Fragen erörtert und dabei die Spezies-Theorie mit seinem zweifellos guten Wissen über optische Phänomene vermischt, denn "in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts [16. Jahrhundert] hat man sich intensiver mit Glaslinsen beschäftigt, es mehren sich die Notizen über deren Benutzung auch außerhalb der Brillenfabrikation, deren Anfang immer noch in Nebel gehüllt ist.")[454]

7.3. Über die Einführung der sublunaren Sphäre

Zur Erklärung der Änderung der Mondgröße bei schneller Bewegung)[455] nimmt Fracastoro an, daß unter den Mond eine weitere Sphäre gesetzt werden muß. "Wir setzen unter den Mond eine Sphäre, welche in ihren Teilen sehr verschieden und ungleich ist; und zwar hier dichter, dort dünner, aber sie ist dennoch ein überall durchsichtiger und durchscheinender Körper. Wir nehmen an, daß die dichteren Teile sich längs der Mitte in der Länge erstrecken und so wie ein Gürtel die ganze Mitte in der Länge umfaßt wird, während die anderen Teile nacheinander mehr und mehr verdünnt werden. Ist ABDE diese Sphäre und ACDF die dichte Zone, so werden die übrigen Teile dünner, besonders in B und E .")[456] Diese Sphäre soll sich so "in der Breite von Süd noch Nord längs BE bewegen")[457], daß bei einer im Vergleich zur Circitor-Sphäre des Mondes doppelt so großen Umlaufzeit)[458] die dichtere Zone bei der durch die Circitor-Sphäre hervorgerufenen schnelleren Bewegung zwischen Erde und Mond liegt und damit größere Sonnen- und Mondfinsternisse



Skizze fol. 42 D

bewirkt.)[459] Fracastoro erläutert seine Lösung dieses Problems an einem dem Rädertellurium ähnlichen Aufbau: "Wenn man zwischen Lampe und Wand eine Kugel stellt, deren Schatten auf die Wand fällt, und dann in jenen Schatten entweder ein Kristall, Glas oder irgendeinen dichten, aber durchsichtigen Körper stellt, so wird man dann diesen Schatten viel größer und breiter sehen.")[460] Contarini kritisiert, daß bei einer so bewegten sublunaren Sphäre auch die Sonne und die anderen Sterne von uns größer gesehen werden müßten: "Der dichte Teil kommt dem Mond wie eine Zone entgegen und macht ihn in den Quadraturen größer und uns näher. Ich zweifle aber daran, denn in den einzelnen Monaten werden auch die Sonne und die anderen Sterne von dieser Zone bedeckt. Warum ist dort nicht die gleiche Erscheinung und warum werden wir nicht wie beim Mond getäuscht ?")[461] Fracastoro entgegnet: "Ich glaube, es muß sich niemand darüber wundern, wenn man dies bei den Sternen nicht so wie beim Mond beobachten kann. Das dichte Medium kann sich nämlich bei verschiedener Entfernung sehr ungleich auswirken, was man deutlich bei den Linsen oder Okularen beobachten kann. Wenn man sie nahe zu den Buchstaben stellt, wird man diese kleiner sehen, im Vergleich dazu wirst Du bei einer entfernten Lage des Mediums diese Buchstaben größer sehen. Kleiner siehst Du auch dann die Buchstaben, wenn Du die Linse nahe an dns Auge nimmst. Es gibt auch Okulare, durch welche nahe Gegenstände groß erscheinen und dann kleiner werden, je weiter sie vom Auge entfernt sind. Daher sind die Erscheinungen bei den dichten Stoffen in der Nähe und in der Entfernung sehr verschieden.")[462]

Aus den Werten seiner Kometenbeobachtungen bestimmt Fracastoro die Lage der sublunaren Sphäre.

Die sublunare Sphäre)[463]

Umlaufzeit	Mittlerer Kreis Lage und Bewegungsrichtung	Wirkung der Sphäre
Doppelte Zeit des Umschwungs der Achse der Circitor-Sphäre des Mondes	Pole in den Zeichen Virgo und Pisces, mittlerer Kreis in den Zeichen Gemini und Sagittarius)[464]; senkrecht zur Ekliptik	Bewirkt größere Mondscheibe bei schneller Bewegung, erzeugt die verschiedenen Kometenbahnen)[465]

7.4. Die Erklärung der Kometenbahnen

Die gelegentlich und unerwartet am Himmel auftretenden Kometen werden weder im "Almagest" des Ptolemäus noch in "De Revolutionibus" des Kopernikus diskutiert. Wegen ihres unterschiedlichen Aussehens und der nahezu beliebigen Bahnform sind sie kaum in eines der alten astronomischen Systeme einzuordnen, zumal sie von Aristoteles in der Meteorologica in den sublunaren Bereich verwiesen werden.)[467] Das weitere Wissen über die Kometen bestand bis zur Zeit des Fracastoro im wesentlichen aus dem, was Plinius und Seneca überliefert haben.)[468] Fracastoro beruft sich bei der Einfügung der sublunaren Sphäre auf Seneca, zitiert diesen aber nicht richtig: "Diese Sphäre ist gewiß nicht neu, denn zum einen haben die Astronomen dasselbe gemacht (wir haben darüber geschrieben)[469]) und zum anderen haben viele Philosophen geglaubt, daß eine Sphäre unter den Mond gesetzt werden muß. Unter diesen war auch Seneca, welcher nicht wegen der Erscheinungen beim Monde, sondern wegen den Kometen eine derartige Sphäre eingesetzt hatte.")[470] Fracastoro bezeichnet hier die Kometen als "cometas", im weiteren Verlauf benutzt er auch die Bezeichnung "pogonias".)[471] Diese beiden Bezeichnungen weisen zusammen mit der Erklärung der Kometenentstehung auf aristotelische Ursprünge)[472] : die Kometen entstehen nach Fracastoro "durch Anbrennungen und durch einen leicht

entzündbaren Stoff, gleichsam einen Zunder.")[473]

Zur Bestimmung der Lage der sublunaren Sphäre benutzt Fracastoro seine Beobachtungen der Kometen der Jahre 1531, 1532 und 1533 .)[474]

Bei der Beschreibung des Kometen von 1531 sind die Angaben der Beobachtungszeiten nicht in Übereinstimmung mit denen des Apian)[475] , so daß die Vermutung auftauchte, es habe im Jahre 1531 zwei Kometen gegeben.)[476] Pingré schließt aus den "Fragmenten des Fracastoro")[477] , daß Fracastoro in den "Homocentrica" mit dem Beobachtungszeitpunkt "18. Tag")[478] nicht den 18. September 1531, sondern den 18. Tag nach der ersten Sichtbarkeit meint. Eine Übereinstimmung mit Apian wird aber erst dann möglich, wenn man den von Fracastoro angegebenen Beobachtungsmonat "September" durch den von Apian angegebenen Monat "August" ersetzt.)[475] Die von Fracastoro bestimmten Kometenörter sind ebenfalls nicht exakt: ". . . am 13.Tag [war der Komet] bei dem Sommerwendekreis, an den folgenden Tagen änderte sich die Länge nicht viel, die Breite aber so weit, daß er jenseits des Äquator nicht weit vom Jupiter gesehen wurde, der damals in 13° des Zeichens Scorpius stand.")[480] Als Festetellung bleibt, daß die Bahn des Kometen vom Sommerwendekreis zum Zeichen Scorpius verlief.

Für den Kometen des Jahres 1532 gibt Fracastoro genauere Ortsbestimmungen, die Zeitangaben fehlen oftmals.

Beobachtung des Kometen von 1532 durch Fracastoro)[481]

Beobachtungszeit	Länge bzgl. Zeichen	Breite bzgl. Äquator	Breite bzgl. Ekliptik
22.September	5° Vir	6° südlich	15° von der Ekl.
Angabe fehlt	7° Vir	3° südlich	14°
Angabe fehlt	11° Vir	1;31° südlich	12°
Angabe fehlt	12° Vir	Angabe fehlt	Angabe fehlt
Angabe fehlt	17° Vir	4° nördlich	3° südlich
12.Oktober	21° Vir	3;30° nördlich	0°
" 24. Tag "	12° Lib	2° südlich	2° nördlich
4. November	8° Sco	6° südlich	Angabe fehlt

Die Bahn dieses Kometen läuft im gleichen Drehsinn wie der Komet des Jahres 1531 in einem Bogen um das Herbstäquinoktium.

Aus den ungenauen Angaben des Fracastoro über den Kometen des Jahres 1533 folgt, daß dieser Planet von den Pleiaden ausgehend zum Sternbild Perseus zog.)[482]

Überträgt man diese Angaben auf eine Sphäre, so erkennt man die gleiche Bewegungsrichtung aller drei Kometen und kann annehmen, daß diese Kometen durch eine Sphäre bewegt werden, deren Pole in den Zeichen Virgo und Pisces liegen und deren mittlerer Kreis senkrecht zur Ekliptik durch die Zeichen Gemini und Taurus verläuft.)[483] Das Problem der verschiedenartigen Kometenbahnen findet seine Lösung in einer Überlagerung zweier Bewegungen: "Die Kometen werden durch die Bewegung des Weltalls in der Länge von Ost nach West getragen . . . und von jener sublunaren Sphäre wird den Kometen eine transversale Bewegung gegeben.")[484] Durch diese Sphäre kann Fracastoro beliebig gekrümmte Bahnformen mit entgegengesetzten Bewegungsrichtungen nur so entstehen lassen, daß an einem Ort des Himmels immer die gleiche Bahnform beobachtet wird. Da bis in das Jahr 1537 kein weiterer Komet erschien)[485], konnte Fracastoro bis zum Erscheinen der "Homocentrica" seine Theorie nicht mehr an einem neuen Kometen überprüfen.

Die Lage dieser Sphäre kann nach der in den "Homocentrica" entwickelten Sphärentheorie nicht ortsfest sein, denn die Weitergabe der Mondbewegung wird durch keine "Solitarius-Contravectus-Sphäre" verhindert. Fracastoro hätte selbst die Unmöglichkeit seiner Aussagen erkennen können, denn der von ihm erwähnte Komet von 1472 beschrieb einen Bogen gegen die Rotationsrichtung dieser Sphäre.)[486]

Fracastoro bemerkt allerdings eine Gemeinsamkeit des Kometen von 1472 mit den von ihm beobachteten Kometen der Jahre 1531 , 1532 und 1533: "Wir wollen eine Sache

nicht verschweigen, welche diesen drei Kometen gemeinsam war und die (wie wir glauben) erwähnt werden muß: daß nämlich alle immer eine Koma oder einen Bart in die der Sonne entgegenegsetzte Richtung besaßen. . . . Dies wird auch von dem Kometen überliefert, der im Jahre 1472 erschien.")[487] Die Erkenntnis dieser Gemeinsamkeit (eine Feststellung, die nicht aus der Theorie der homozentrischen Sphären folgt) wird immer wieder Fracastoro und zugleich Apian zugeschrieben.)[488] Diese später durch den Strahlungsdruck der Sonne erklärte Erscheinung)[489] wurde allerdings von Apian schon 1532 (und damit vor Fracastoro) beschrieben.)[490]

Es bleibt die Feststellung, daß die "Homocentrica" des Fracastoro weder der Astronomie und der Kometenforschung, noch der Optik neue Impulse oder weiterführende Anstöße gegeben hat: Die Konzeption der begrifflichen Grundlagen, die Hintergrundsüberzeugungen und die methodischen Regeln wurzeln immer noch zu tief in den Prinzipien des Aristoteles.

8. Zusammenfassung und Glossar

In diesem Abschnitt wird das Grundprinzip der Überlagerung der Sphärenbewegungen vereinfacht, aber im Zusammenhang mit den von Fracastoro in den "Homocentrica" benutzten Termini technici, erläutert.

1) circumductio - Umschwung

Jede Sphäre besitzt neben der Rotation um ihre Achse weitere Bewegungsmöglichkeiten. Mit "circumductio" meint Fracastoro die Bewegung der Achse einer rotierenden Sphäre in einem Großkreis. Läßt man zum Beispiel eine zur Himmelssphäre konzentrische Sphäre eine Rotation im Sinne der täglichen Bewegung ausführen, so bewegt der "Umschwung" die Achse dieser Sphäre im Solstitialkolur.

2) circulus medius - mittlerer Kreis

Der mittlere Kreis einer Sphäre ist der Kreis in der Mitte zwischen den Polen (der Äquator), also der Kreis, dessen Punkte bei der Rotation der Sphäre die größte Bahngeschwindigkeit besitzen.

3) colurus inferior - unterer Kolur
colurus superior - oberer Kolur

Der untere Kolur ist der Äquinoktialkolur (Großkreis durch Nord- und Südpol und Äquinoktien), der obere Kolur ist der Solstitialkolur (Großkreis durch Nord- und Südpol und Solstitien).

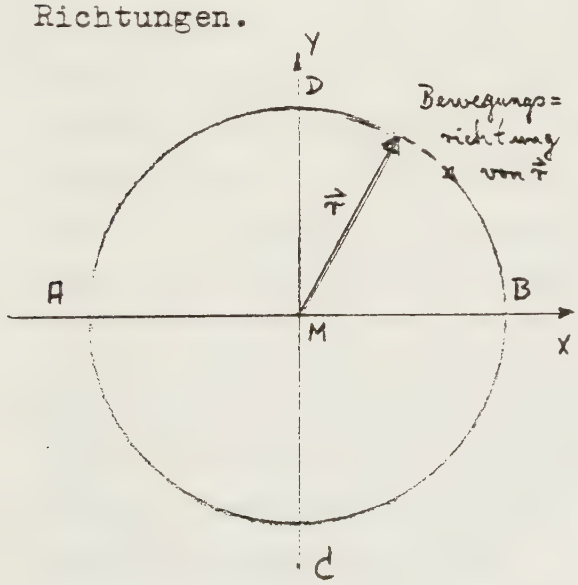
4) longitudo - Länge
latitudo - Breite

Diese Begriffe werden im 12.Kapitel des ersten Teils definiert: "Ich bezeichne als Länge die Richtung von Ost nach West oder entgegengesetzt, als Breite die Richtung von Nord nach Süd oder umgekehrt.")[491] Dies bedeutet, daß in den "Homocentrica" Bewegungen längs des Äquators oder längs der Eliptik nicht unterschieden werden können.

5) <u>subalternus - untergeordnet, parallel liegend</u>
Zwei konzentrische Sphären sind "subaltern" zueinander, wenn ihre Achsen ineinander liegen, wobei der Rotationssinn gleich oder entgegengesetzt sein kann.

6) <u>motus velox augens - schnelle zunehmende Bewegung</u>
<u>motus velox minuens - schnelle abnehmende Bewegung</u>
<u>motus tardus augens - langsame zunehmende Bewegung</u>
<u>motus tardus minuens - langsame abnehmende Bewegung</u>
Diese in den "Homocentrica" bei der Erklärung der Entstehung der Ungleichheiten benutzten vier Begriffe werden durch die folgende zusammenfassende Darstellung verständlich, bei der, um das Prinzip besser zu erläutern, nur die Bewegungen von Planetensphäre und Circitor-Sphäre beschrieben werden.

Betrachtet man die mittleren Kreise dieser beiden Sphären und nimmt die Lage des mittleren Kreises der Planetensphäre (liegt in AMB) als fest an, so kann die durch die Circumducens-Sphäre bewegte Achse der Circitor-Sphäre mit ihren Polen den Kreis ADBC beschreiben. Dadurch erhält der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre in M verschiedene Richtungen.



$\vec{r}$ ≙ rotierender Vektor mit dem Anfangspunkt in M soll die Änderung der Richtung des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre verdeutlichen

Lage des ortsfesten mittleren Kreises der Planetensphäre, Rotation bei B in, bei A aus der Zeichenebene.

Illustration in Orthogonalprojektion

Bewegt sich der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre in Richtung der positiven y-Achse (bei C aus, bei D in die Zeichenebene), dann hat diese "Richtung" keine "Komponente" in der "Richtung" des mittleren Kreises der Planetensphäre und kann somit nicht auf die Planeten-Sphäre einwirken. Bewegt sich die in AB liegende Achse in ihrem Umschwung und läuft dabei der Pol A nach D und der Pol B nach C , so erhält die "Richtung" der Bewegung des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre eine "Komponente" in der Richtung der positiven x-Achse und wirkt auf die Planetensphäre: der Planet bewegt sich schneller (motus velox augens) bis die mittleren Kreise untergeordnet liegen, um dann die größte Schnelligkeit (maxima velocitas) zu erreichen. Im weiteren Umschwung der Achse wird die "Komponente" der "Richtung" des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre in der Richtung der positiven x-Achse geringer und die Schnelligkeit nimmt ab (motus velox minuens), bis durch die Bewegung des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre in der Richtung der negativen y-Achse keine "Komponente" diese Bewegung in Richtung der x-Achse vorhanden ist. Die Planetensphäre besitzt dann nur die ihr eigene Rotation. Bei weiterem Umschwung wird die Bewegung des Planeten langsamer (motus tardus augens), denn im III.Quadranten hat die Bewegung des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre eine "Komponente" gegen die "Richtung" der Planetenbewegung. Rotieren dann Circitor-Sphäre und Planetensphäre mit parallel liegenden mittleren Kreisen, so wird bei dieser Lage durch die entgegengesetzten Bewegungsrichtungen die Planetensphäre entweder verlangsamt (Planetensphäre rotiert schneller als Circitor-Sphäre), oder es tritt ein Stillstand auf (Planetensphäre rotiert gleich schnell) oder der Planet wird rückwärts bewegt (Planetensphäre rotiert langsamer als Circitor-Sphäre). Es ist klar, daß auch schon vor dieser untergeordneten Lage diese Bewegungszustände auftreten können, die "Komponente"

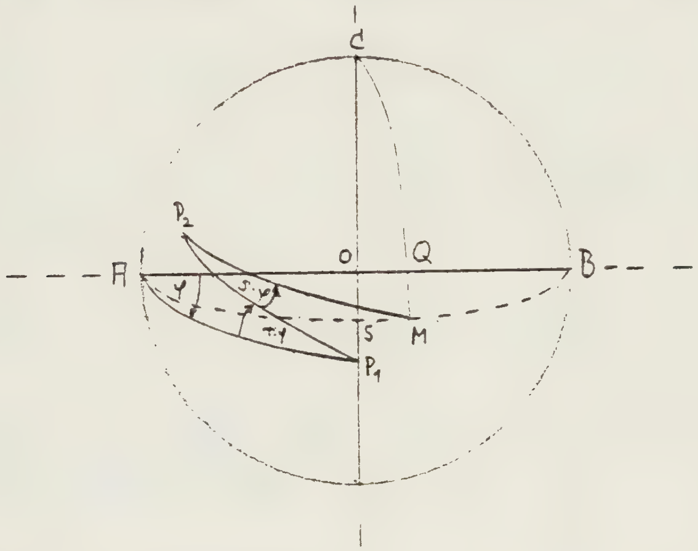
der Bewegung des mittleren Kreises der Circitor-Sphäre in der Richtung der negativen x-Achse muß zuvor die dazu erforderliche Größe besitzen.

Beim weiteren Umschwung der Achse der Circitor-Sphäre nimmt die Bewegung der Planetensphäre zu (motus tardus minuens) und die Planetenbewegung verläuft wieder ohne die Ungleichheit, wenn der mittlere Kreis der Circitor-Sphäre die Ausgangslage erreicht hat und seine "Richtung" keine "Komponente" in der "Richtung" des mittleren Kreises der Planetensphäre besitzt.

9. Mathematischer Anhang

Die Grundlage der mathematischen Diskussion ist eine Arbeit von Tannery über das homozentrische Sphärensystem des Eudoxus.)[432]

Gegeben seien drei konzentrische Sphären mit
1. Pol in A (Circumducens-Sphäre) und Winkel φ ,
2. Pol in P_1 (Circitor-Sphäre) und Winkel $r \cdot \varphi$,
3. Pol in P_2 (Contravectus-Sphäre) und Winkel $s \cdot \varphi$, $r, s \in \mathbb{Q}^+$.



Sei $\widehat{QM} = -\lambda$ und $\widehat{OQ} = \delta$.
Mit den Sätzen der sphärischen Trigonometrie ergibt sich

$$\cos \widehat{MB} = \cos \widehat{MQ} \cdot \cos \widehat{QB} = \cos\lambda \cdot \sin\delta$$

$$\frac{\sin(\sphericalangle SP_1M)}{\sin \pi/2} = \frac{\sin \widehat{SM}}{\sin \widehat{MP_1}}$$

und damit

$$\cos\lambda \cdot \sin\delta = \sin s\varphi \cdot \cos(\sphericalangle BP_1M)$$

Für den Winkel $\sphericalangle BP_1M$ kann man setzen: $\sphericalangle BP_1M = \pi/2 - r \cdot \varphi$, was zu folgender Formel führt:

$$(1) \qquad \cos\lambda \cdot \sin\delta = \sin s\varphi \cdot \sin r\varphi \qquad r, s \in \mathbb{Q}^+$$

Aus den Sätzen der sphärischen Trigonometrie folgt weiter:

$$-\sin\lambda = \cos\left(\frac{\pi}{2}+\lambda\right) = \cos\widehat{SM}\cdot\cos\widehat{CS} = \cos\widehat{SM}\left[(-\sin\varphi)\cdot\cos\widehat{P_1S} + \cos\varphi\cdot\sin\widehat{P_1S}\right],$$

$$\cos\widehat{P_1M} = \cos\widehat{P_1S}\cdot\cos\widehat{SM}$$ und

$$\cos\widehat{SM} = \cos\widehat{SP_1}\cdot\cos\widehat{P_1M} + \sin\widehat{SP_1}\cdot\sin\widehat{P_1M}\cdot\cos(\sphericalangle SP_1M) .$$

Umformungen führen diese Gleichungen über in

$$(2) \quad \sin\lambda = \sin\varphi\cdot\cos s\varphi - \cos\varphi\cdot\sin s\varphi\cdot\cos r\varphi \qquad r,s\in\mathbb{Q}^+$$

Die Gleichungen (1) und (2) beschreiben in Orthogonalprojektion den Weg eines Punktes auf dem Äquator der dritten Sphäre. Setzt man

$$r = s = 1 ,$$

so erhält man die Gleichungen auf Seite 40.

Berechnung der Werte für $r = s = 1$.

Die Gleichungen lauten

$$\sin\lambda = \sin\varphi\cdot\cos\varphi\cdot(1-\cos\varphi) \quad \text{und} \quad \cos\lambda\cdot\sin\delta = \sin^2\varphi .$$

Der zugehörige Graph befindet sich auf Seite 41.

φ	$\sin\lambda = y$	λ	$\cos\lambda\cdot\sin\delta = x$	δ
0°	0	0°	0	0°
10°	+ 0,003	+ 0,149°	+ 0,030	+ 1,728°
20°	+ 0,019	+ 1,111°	+ 0,117	+ 6,719°
30°	+ 0,058	+ 3,326°	+ 0,250	+ 14,502°
40°	+ 0,115	+ 6,615°	+ 0,413	+ 24,579°
45°	+ 0,146	+ 8,421°	+ 0,500	+ 30,361°
50°	+ 0,176	+ 10,131°	+ 0,587	+ 36,592°
60°	+ 0,217	+ 12,504°	+ 0,750	+ 50,194°
70°	+ 0,212	+ 12,209°	+ 0,883	+ 64,616°
80°	+ 0,141	+ 8,124°	+ 0,970	+ 78,429°

90°	0	0°	+ 1,000	90°
100°	- 0,201	- 11,578°	+ 0,970	+ 81,886°
110°	- 0,431	- 25,551°	+ 0,883	+ 78,165°
120°	- 0,649	- 40,505°	+ 0,750	+ 80,538°
130°	- 0,809	- 53,990°	+ 0,587	+ 86,492°
135°	- 0,854	- 58,600°	+ 0,500	+ 73,675°
140°	- 0,870	- 60,413°	+ 0,413	+ 56,806°
150°	- 0,808	- 53,902°	+ 0,250	+ 25,108°
160°	- 0,623	- 38,565°	+ 0,117	+ 8,604°
170°	- 0,339	- 19,842°	+ 0,030	+ 1,837°
180°	0	0°	0	0°
190°	+ 0,339	+ 19,842°	+ 0,030	+ 1,837°
200°	+ 0,623	+ 38,565°	+ 0,117	+ 8,604°
210°	+ 0,808	+ 53,902°	+ 0,250	+ 25,108°
220°	+ 0,870	+ 60,413°	+ 0,413	+ 56,806°
225°	+ 0,854	+ 58,600°	+ 0,500	+ 73,675°
230°	+ 0,809	+ 53,990°	+ 0,587	+ 86,492°
240°	+ 0,649	+ 40,505°	+ 0,750	+ 80,538°
250°	+ 0,431	+ 25,551°	+ 0,883	+ 78,165°
260°	+ 0,201	+ 11,578°	+ 0,970	+ 81,886°
270°	0	0°	+ 1,000	+ 90°
280°	- 0,141	- 8,124°	+ 0,970	+ 78,429°
290°	- 0,212	- 12,209°	+ 0,883	+ 64,616°
300°	- 0,217	- 12,504°	+ 0,750	+ 50,194°
310°	- 0,176	- 10,131°	+ 0,587	+ 36,592°
315°	- 0,146	- 8,421°	+ 0,500	+ 30,361°
320°	- 0,115	- 6,615°	+ 0,413	+ 24,579°
330°	- 0,058	- 3,326°	+ 0,250	+ 14,502°
340°	- 0,019	- 1,111°	+ 0,117	+ 6,719°
350°	- 0,003	- 0,149°	+ 0,030	+ 1,728°
360°	0	0°	0	0°

Berechnung der Werte für $r = 2$ und $s = 1$.

Die Gleichungen lauten

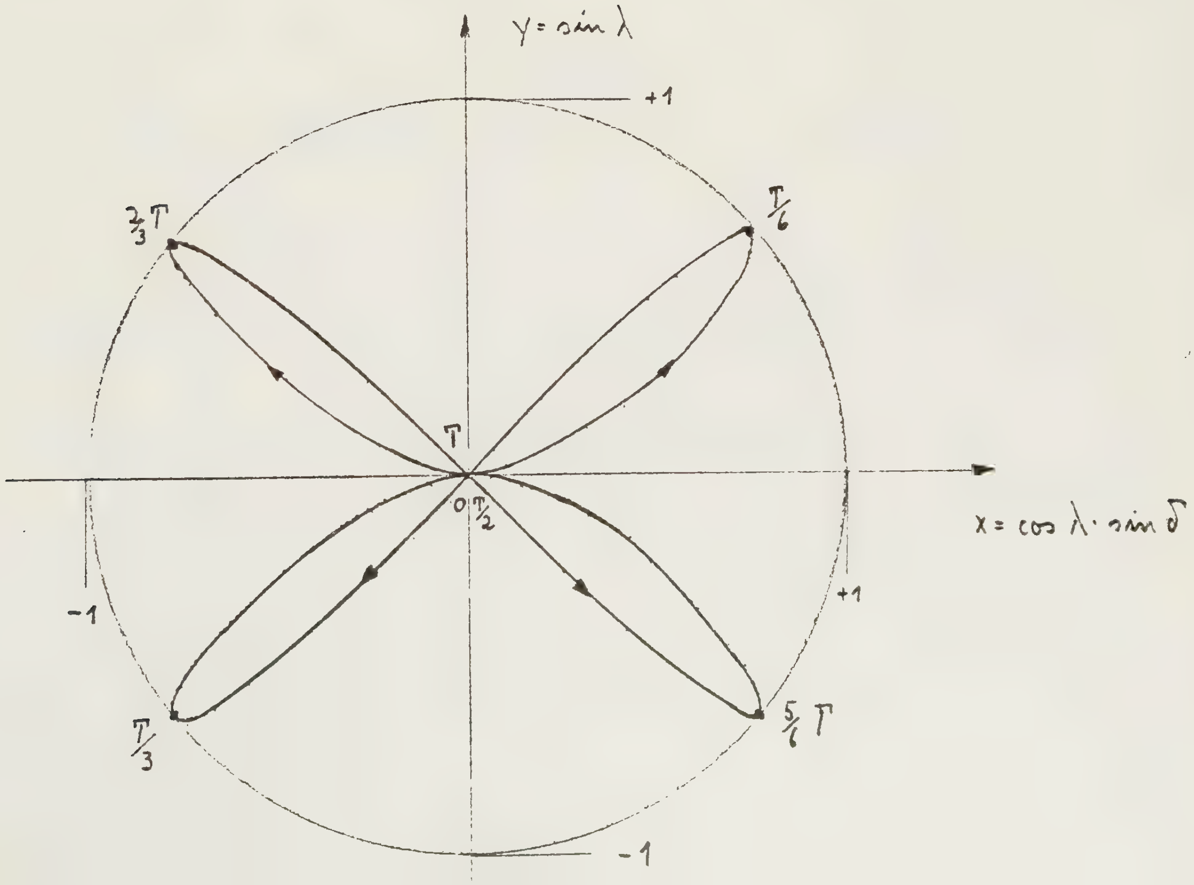
$$\sin\lambda = \sin\varphi \cdot \cos\varphi\,(1-\cos 2\varphi)$$ und

$$\cos\lambda \cdot \sin\delta = \sin\varphi \cdot \sin 2\varphi$$

Bemerkung: Die Zahlenwerte der beiden nächsten Tabellen sind nicht vollständig; sie sollen nur einen Hinweis auf die Periodizität geben. Die Annahme, daß mit diesem Ansatz die Bahn eines Planeten beschrieben werden kann, wird durch die Graphen genügend widerlegt.

φ	$\sin\lambda = y$	λ	$\cos\lambda \cdot \sin\delta = x$	δ
0°	0	0°	0	0°
20°	+ 0,07	+ 4,3°	+ 0,22	+ 12,7°
40°	+ 0,41	+ 24,0°	+ 0,63	+ 43,9°
60°	+ 0,65	+ 40,5°	+ 0,75	+ 80,5°
80°	+ 0,33	+ 19,4°	+ 0,34	+ 20,9°
90°	0	0°	0	0°
100°	- 0,33	- 19,4°	- 0,34	- 20,9°
120°	- 0,65	- 40,5°	- 0,75	- 80,5°
140°	- 0,41	- 24,0°	- 0,63	- 43,9°
160°	- 0,07	- 4,3°	- 0,22	- 12,7°
180°	0	0°	0	0°
200°	+ 0,07	+ 4,3°	- 0,22	- 12,7°
220°	+ 0,41	+ 24,0°	- 0,63	- 43,9°
240°	+ 0,65	+ 40,5°	- 0,75	- 80,5°
260°	+ 0,33	+ 19,4°	- 0,34	- 20,9°
270°	0	0°	0	0°
280°	- 0,33	- 19,4°	+ 0,34	+ 20,9°
300°	- 0,65	- 40,5°	+ 0,75	+ 80,5°
320°	- 0,41	- 24,0°	+ 0,63	+ 43,9°
340°	- 0,07	- 4,3°	+ 0,22	+ 12,7°
360°	0	0°	0	0°

Graphische Darstellung



Berechnug der Werte für r = 1/2 und s = 1

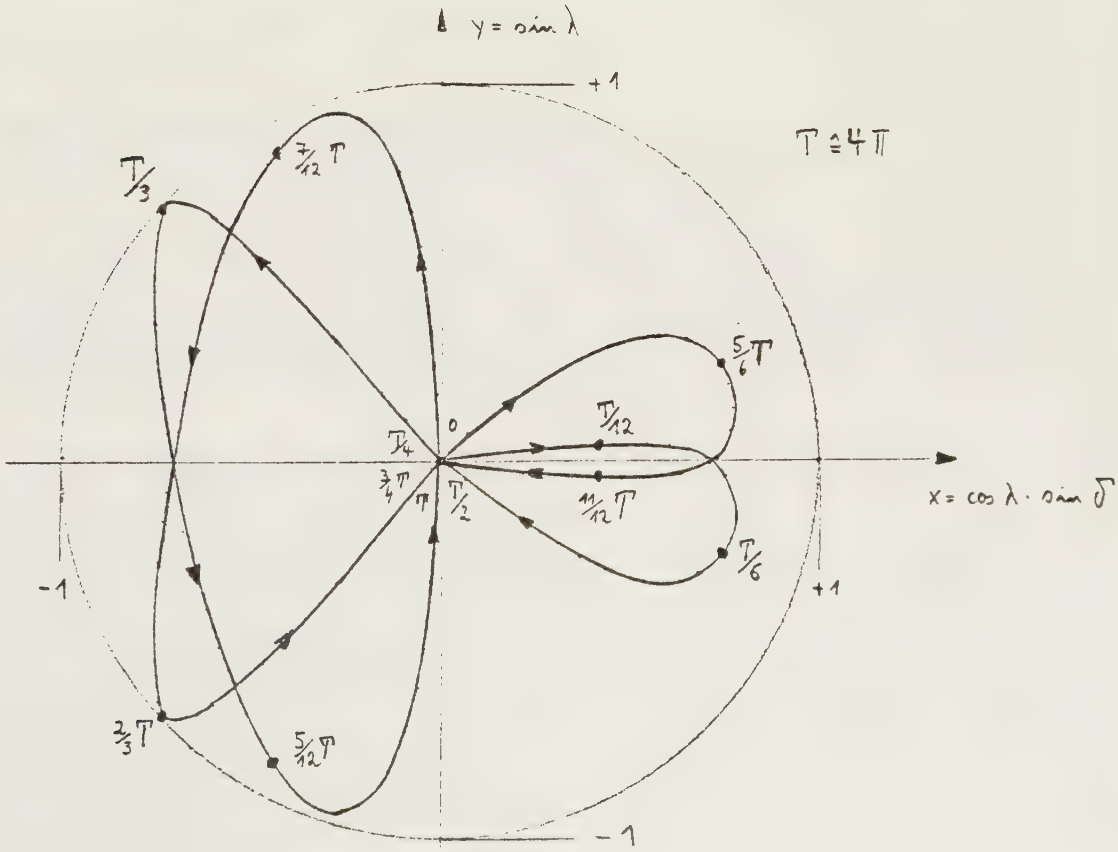
Die Gleichungen lauten

$$\sin\lambda = \sin\varphi \cdot \cos\varphi \cdot \left(1 - \cos\tfrac{1}{2}\varphi\right) \qquad \text{und}$$

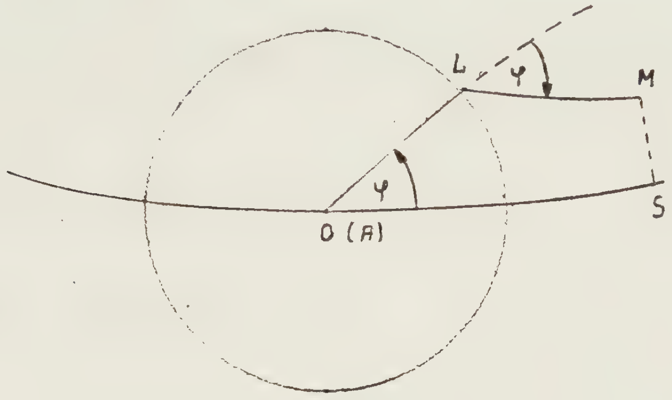
$$\sin\delta \cdot \cos\lambda = \sin\varphi \cdot \sin\tfrac{1}{2}\varphi \qquad .$$

φ	$\sin\lambda = y$	λ	$\cos\lambda \cdot \sin\delta = x$	δ
0°	0	0°	0	0°
40°	+ 0,03	+ 1,7°	+ 0,22	+ 12,7°
80°	+ 0,04	+ 2,3°	+ 0,63	+ 39,3°
90°	0	0°	+ 0,71	+ 45°
120°	- 0,22	- 12,5°	+ 0,75	+ 50,2°
160°	- 0,27	- 15,4°	+ 0,34	+ 20,4°
180°	0	0°	0	0°
200°	+ 0,38	+ 22,2°	- 0,34	- 21,3°
240°	+ 0,65	+ 40,5°	- 0,75	- 80,5°
270°	0	0°	- 0,71	- 45°
280°	- 0,30	- 17,6°	- 0,63	- 41,6°
320°	- 0,96	- 72,8°	- 0,22	- 47,9°
360°	0	0°	0	0°

Graphische Darstellung



Läßt man in einem anderen Ansatz die Pole der Circitor-Sphäre auf Parallelkreisen um A und B rotieren und die Pole der Contravectus-Sphäre auf gleich großen Kreisen um die Pole der Circitor-Sphäre, so erhält man ein immer gleichschenkliges Dreieck (Vgl. auch Seite 42).



Sei $\widehat{MS} = \lambda$, $\widehat{AS} = \delta$, $\widehat{AL} = \widehat{LM} = i/2$, $\sphericalangle LAS = \varphi$, $\widehat{AM} = x$, $\sphericalangle ALM = \pi - \varphi$ [oder $\pi - 2\varphi$])[493] und $\sphericalangle MAS = \varphi^*$.
Aus den Sätzen der sphärischen Trigonometrie folgt

$$\cos \widehat{OM} = \cos^2 \tfrac{i}{2} + \sin^2 \tfrac{i}{2} \cdot \cos (\pi - \varphi) \qquad \text{und}$$

$$\cos \widehat{OM} = \cos \delta \cdot \cos \lambda \qquad ,$$

was zu folgender Gleichung führt:

$$(1) \qquad \cos \delta \cdot \cos \lambda = \cos^2 \tfrac{i}{2} - \sin^2 \tfrac{i}{2} \cdot \cos \varphi$$

Zur Herleitung der zweiten Gleichung zwischen λ und δ macht man die folgenden Ansätze:

$$\frac{\sin x}{\sin (\pi - \varphi)} = \frac{\sin i/2}{\sin (\varphi - \varphi^*)} \qquad ,$$

$$\tan \lambda = \sin \delta \cdot \tan \varphi^* \qquad \text{und}$$

$$\sin \lambda = \sin x \cdot \sin \varphi^* \qquad .$$

Diese Gleichungen kann man zusammenfassen zur Gleichung

$$\cos\lambda \cdot \sin\varphi \cdot \sin\delta - \cos\varphi \cdot \sin\lambda = \sin\frac{i}{2} \cdot \sin\varphi$$

welche, nach $\sin\lambda$ aufgelöst, übergeht in

$$\boxed{(2) \quad \sin\lambda = \sin\tfrac{i}{2} \cdot \sin\varphi \left[\cos\varphi - \cos\tfrac{i}{2} \cdot (\cos\varphi + 1)\right]} .$$

Untersucht man $f(\varphi) = \sin\lambda$ auf Extremwerte, so erhält man

$$f'(\varphi) = \left[\sin\tfrac{i}{2} - \sin\tfrac{i}{2} \cdot \cos\tfrac{i}{2}\right]\left(-\sin^2\varphi + \cos^2\varphi\right) - \left[\sin\tfrac{i}{2} \cdot \cos\tfrac{i}{2}\right] \cdot \cos\varphi$$

mit den Nullstellen

$$\cos\varphi_{1/2} = \frac{\cos\frac{i}{2}}{4(1-\cos\frac{i}{2})} \pm \frac{\sqrt{\cos^2\frac{i}{2} + 8\left(1-\cos\frac{i}{2}\right)^2}}{4\left(1-\cos\frac{i}{2}\right)} .$$

Dies bedeutet, daß die Lage der Extremstellen nicht allein von der Rotationsdauer der Sphären abhängt, sondern auch von der Größe des Bogens i/2.

$i/2$	$\varphi_{Extremwert}$		$\lvert\lambda_{Extremwert}\rvert$	
10°	90,22° 269,78°		9,85°	
20°	93,02° 266,35°		18,79°	
30°	98,51° 261,49°		25,98°	
40°	104,25° 255,75°		30,87°	
50°	112,84° 247,16°		33,48°	
60°	120° 240°	0° 270°	34,22°	0°
70°	126,09° 233,91°	31,91° 328,09°	33,64°	6,17°
80°	131,03° 228,97°	40,40° 319,60°	32,14°	16,91°
90°	135° 225°	45° 315°	30°	30°

Ab $i/2 = \pi/3$ erscheint ein Doppelpunkt, der den Graphen in zwei Teile trennt. Für $i/2 = \pi/2$ erhält man die Hippopede des Eudoxus.)[494]

Ersetzt man bei diesem Ansatz an den entsprechenden Stellen φ durch 2φ, so erhält man mit

$$\sin\lambda = 2\cdot\sin\tfrac{i}{2}\cdot\left(1-\cos\tfrac{i}{2}\right)\cdot\sin\varphi\cdot\cos^2\varphi \qquad \text{und}$$

$$\cos\delta\cdot\cos\lambda = \cos^2\tfrac{i}{2} - \sin^2\tfrac{i}{2}\cdot\cos 2\varphi$$

eine sphärische Darstellung des Lemmas von Nasir al-Din.)[495] Die Untersuchung auf Extremwerte für $f(\varphi) = \sin\lambda$ ergibt

$$f'(\varphi) = \left[\sin\tfrac{i}{2}\left(1-\cos\tfrac{i}{2}\right)\right]\left(2\cdot\cos 2\varphi\cdot\cos\varphi - \sin 2\varphi\cdot\sin\varphi\right) .$$

Unabhängig von $i/2$ erhält man sechs Extremstellen

$$\cos\varphi = 0 \Rightarrow \varphi_{E_1} = \tfrac{\pi}{2} \;,\; \varphi_{E_2} = \tfrac{3}{2}\pi \qquad \text{und}$$

$$\cos\varphi = \pm\tfrac{1}{3}\sqrt{6} \Rightarrow \varphi_{E_3} = 35{,}26°,\; \varphi_{E_4} = 320{,}76°,\; \varphi_{E_5} = 144{,}74°,\; \varphi_{E_6} = 215{,}26°.$$

Setzt man diese Werte in die zweite Ableitung

$$f''(\varphi) = 12\left[\sin\tfrac{i}{2}\left(1-\cos\tfrac{i}{2}\right)\right]\cdot\left[\sin\varphi\cdot\left(1-2\cos^2\varphi\right)\right]$$

ein, so erhält man $f''(\varphi_{E_1}) > 0$, $f''(\varphi_{E_2}) < 0$,

$$f''(\varphi_{E_3}) < 0,\quad f''(\varphi_{E_4}) > 0,\quad f''(\varphi_{E_5}) < 0 \quad \text{und} \quad f''(\varphi_{E_6}) > 0 .$$

Man erkennt, daß der Graph die Form einer sehr flachen Hippopede besitzt, sich aber von dieser unterscheidet, denn er hat im Ursprung des Koordinatensystems einen Berührungspunkt, während die Hippopede dort einen Doppelpunkt besitzt.

Wenn die äußere Sphäre eine Umlaufzeit T hat, dann wird nach 0,098 T (≈ 1/10 T) das erste Maximum erreicht, das zweite nach 0,402 T (≈ 4/10 T) und das dritte nach 3/4 T. Das erste Minimum ist nach 1/4 T, das zweite nach 0,598 T (≈ 6/10 T) und das dritte nach 0,902 T (≈ 9/10 T).

Für verschiedene i/2 ergeben sich die folgenden Beträge der Extremwerte:

$i/2$	$\vert\lambda_{Extremwert}\vert$
10°	0,12°
20°	0,91°
30°	2,96°
40°	6,65°
50°	12,16°
60°	19,47°
70°	28,42°
80°	38,79°
90°	50,34°

10. Nachweise und Anmerkungen

Eine wesentliche Hilfe zum Verständnis der oftmals in den "Homocentrica" benutzten Abbreviaturen war das Lexicon Abbreviaturarum von A. Cappelli : Dizionario di Abbreviature latine ed italiane, Milano, 1967.

Die Zahlen in den geschweiften Klammern geben die Fußnote der ersten Erwähnung an.

1) G. Schiaparelli, Die homozentrischen Sphären des Eudoxus, des Kallippus und des Aristoteles, Abh. zur Geschichte der Mathematik, Supplement des 22. Jahrgangs, Leipzig, 1877, S. 180 ; Vergl. Anmerkungen 235), 236) und 238).
2) Vergl. Anmerkung 55) und 56).
3) Vergl. W. Kempkens, Joseph und Aeneas. Untersuchungen zum "Joseph" des Girolamo Fracastoro, einem Bibelepos Italiens aus dem 16. Jahrhundert. Diss. Bonn, 1972.
4) C. Gillispie, Dictionary of Scientific Biography, New York, 1972, gibt als Geburtsjahr 1478 an. In älteren Werken findet man auch die Jahreszahl 1483; Vergl. dazu J. Dreyer, A history of Astronomy from Thales to Kepler, New York, 1953, S. 296 und O.F. Mencke, De vita, moribus, scriptis, meritiisque H. Fracastorii, Lipsiae, 1731, S. 23.
5) Riccardi, Biblioteca matematica italiana, nach Dreyer {4} S. 297 zitiert.
6) M. Delambre, Histoire de L'Astronomie du Moyen Age, Paris, 1829, S. 390.
7) W.Whewell, Geschichte der induktiven Wissenschaften, Stuttgart, 1841, 3. Teil, S. 390.
8) F. Dittrich, Gasparo Contarini, Braunsberg, 1885, S. 277, Anm. 2.
9) C. Gillispie {4} , Bd.5 , S. 106 .

10) Dreyer {4} , S.296.
11) H. Fracastoro, "Homocentricorum sive de stellis, liber unus" aus Opera omnia, Venetiis, 1584, fol. 30 C.
12) O.F. Mencke {4} , S. 205.
13) Der Brauch, die 1 bei Jahreszahlen wegzulassen, hat sich bis heute im Spanischen erhalten.
14) C. Contarini, Opera, Parisii, 1574.
15) F. Dittrich, Regesten und Briefe des Cardinals G. Contarini, Braunsberg 1881, S. 74.
16) C. Contarini {14}, Opp. 238 - 243.
17) C. Contarini {14}, Opp. 244 - 252.
18) Vergl. S. 56 - 58 , S. 72 und S. 102.
19) Vergl. S. 57.
20) Vergl. S. 8 - 10 .
21) Vergl. Fracastoro {11}, fol. 1 C - 1D.
22) Fracastoro {11}, fol. 1 C.
23) Fracastoro scheint sich auf die Rotation der Circitor-Sphäre und der Contravectus-Sphäre zu beziehen. Vgl. S.28.
24) Vergl. S. 94 - 97.
25) Vergl. Fracastoro {11}, fol. 2 D.
26) Vergl. S. 59.
27) Vergl. S. 60.
28) Vergl. S. 60 - 67.
29) Vergl. S. 69 - 71.
30) Vergl. S. 72 - 74.
31) Vergl. S. 74 - 75.
32) Vergl. S. 76 - 83.
33) Vergl. S. 84 - 86.
34) Vergl. S. 87 - 90.
35) Vergl. S. 91 - 92.
36) Vergl. S. 103.
37) J. H. Randall, The development of scientific method in the school of Padua, Journal ot the History of Ideas, 1. 1940, S. 182.
38) Frischeisen-Köhler und Moog: Friedrich Überwegs Grundriss der Geschichte der Philosophie, Berlin 1924, 3. Teil, S. 22 .

39) Fracastoro {11}, fol. 2 D.
40) G. Rossi, Fracastoro in Relazione all' Aristotelismo, Pisa, 1893, S. 88.
41) Fracastoro {11}, fol. 42 C.
42) Fracastoro {11}, fol. 43 A.
43) Vergl. S. 39 - 43 und S. 111 - 119.
44) Fracastoro {11}, fol. 18 C.
45) Fracastoro {11}, fol. 29 B.
46) Vergl. S. 63.
47) Vergl. S. 3.
48) Vergl. Fracastoro {11}, fol. 1 C und fol. 8 A
49) C. G. Jöcher, Allgemeines Gelehrten Lexicon, Leipzig, 1750 (Nachdruck Hildesheim 1960).
50) C. v. Wurzbach, BiographischesLexikon des Kaiserthums Oesterreich, 45. Teil, Wien, 1882.
51) Keine Angaben über einen J. B. Turrius findet man bei Jöcher {49} ; Biographie Universelle, Bruxelles, 1847, Bd. 19 - 20; Nouvelle Biographie Générale, Paris, 1870, Bd. 45 ; Enciclopedia Italiana.
52) Wurzbach {50}.
53) A. Favaro, Die Hochschule zu Padua zur Zeit des Copernicus, Mittheilungen des Coppernicus-Vereins zu Thorn, Thorn, 1881, S. 43.
54) Dreyer {4} , S. 297, Anm. 2, dort zitiert unter Bezug auf Moréri's Dict. hist. (Suppl. T. III. p. 867).
55) Fracastorius, Syphilis s. morbus gallicus, Vendig, 1530, 4 , zitiert nach: Biographisches Lexikon der hevorragenden Ärzte, München - Berlin, 1962). Eine Neuausgabe von E. A. Seckendorfs deutscher Übersetzung besorgte W. Schönfeld, Girolamo Fracastoro Syphilidis sive morbi gallici libri tres, Kiel, 1960.
56) The National Union Catalog (Pre 1956-Imprints), Vol. 180, London - Chicago, 1971.
57) J. F. Weidler, Historia Astronomiae, Wittenberg, 1741, S. 357.
58) J. F. Weidler {57} , S. 358 .

59) J. S. Bailly, Histoire de l'Astronomie, Paris, 1805, S. 19 . Die Bemerkung Baillys ist nicht ganz abwegig, weil hier wie bei Kopernikus und den islamischen Vorläufern der Versuch gemacht wird, nur gleichförmige Kreisbewegungen zuzulassen.
60) Delambre {6} , S. 385 - 390.
61) Dreyer {4} , S. 296 - 301.
62) Diese Angabe ist falsch, denn die Sphären des Fixstern-Systems und die sublunare Sphäre fehlen.
63) Delambre {6} , S. 387.
64) Dreyer {4} , S. 297.
65) Vergl. S. 93 - 102 .
66) Vergl. S. 103 - 106 .
67) Es ist nicht exakt, hier von der Resultierenden zweier Vektoren zu schreiben. Es zeigt sich, daß Fracastoro keine Darstellung dieser Begriffe im Sinne der heutigen Fachsprache geben kann.
68) J. C. Poggendorf, Geschichte der Physik, Leipzig, 1879, S. 235.
69) Auf diese Bemerkung Poggendorfs scheint sich auch Lasswitz zu beziehen, der schreibt, daß Fracastoro "die Epizykeltheorie [bekämpfte] und bereits . . . auf den Satz von der Zusammensetzung der Kräfte [hindeutete]." Zitiert nach K. Lasswitz, Geschichte der Atomistik vom Mittelalter bis Newton, Darmstadt, 1963, S. 306.
70) Fracastoro {11} , fol. 3 A und Ptolemäus, Handbuch der Astronomie, übersetzt von K. Manitius, I - II, Leipzig, 1912 - 13, Neuausgabe Leipzig, 1963, Buch 1, Kap. 3 . Vergl. auch Grosseteste, De sphaera, Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters, Band IX, Münster, 1912, S. 13.
71) Fracastoro {11} , fol. 3 B.
72) Fracastoro {11}, fol. 3 B ; Aristoteles, De caelo, 268b16.
73) Vergl. Aristoteles De caelo, I 2 .

74) Fracastoro {11}, fol. 3 B ; Aristoteles, Phys. 264 b 18 und De caelo II 6.
75) Aristoteles, De caelo, 292 a 14.
76) Aristoteles, Phys., 214 a 19 und 214 b 12 - 216 a 25.
77) Fracastoro {11}, fol. 3 B.
78) Fracastoro {11}, fol. 3 C . "ratio" wurde wurde mit "Nachdenken" übersetzt.
79) Fracastoro {11}, fol. 3 D ; Aristoteles, De caelo, 290 a 17 - 27. Vergl. auch S. 93.
80) Fracastoro {11}, fol. 4 A ; Ptolemäus {70} , 9. Buch, Kap. 1 .
81) Vergl. Fracastoro {11}, fol. 4 B ; Aristoteles, De caelo, 269 a 5 - 7, a 14, a 32 - b 17.
82) Fracastoro {11}, fol. 4 B.
83) Vergl. Fracastoro {11}, fol. 4 C . Diese Bemerkung bezieht sich auf die Wanderung der Knoten der Mondbahn.
84) Fracastoro {11}, fol. 4 C.
85) Fracastoro {11}, fol. 4 C.
86) Fracastoro {11}, fol. 4 D ; Aristoteles, Phys., 267 a 23
87) Vergl. Fracastoro {11}, fol. 4 D.
88) Fracastoro äußert sich in den "Homocentrica" nicht ausführlich über sein Verständnis der "Intelligenz". Auch Aristoteles und seine Kommentatoren lassen keine eindeutigen Aussagen darüber zu. Vergl. A. Wolfson, The Problem of the Souls of the Spheres, New York, 1971 ; "Philosophiegeschichtliche Stellung des Tractats De intelligentiis" in C. Baeumker, Witelo als Philosoph und Naturforscher des XIII. Jahrhunderts, Beiträge zur Geschichte der Philosophie, des Mittelalters, Bd. III, Heft 2, Münster, 1908, S. 523 ff.
89) Fracastoro {11}, fol. 4 D.
90) Kepler, De Rebus Astrologicis, Opera omnia, Frankfurt am Main und Erlangen, 1858 - 71, I, p. 319 , zitiert nach Wolfson {88}, , S. 91.
91) Fracastoro {11}, fol. 5 A .

92) Vergl. Aristoteles, De caelo, I ff.
93) Vergl. Fracastoro {11}, fol. 5 B ; Über eine frühere Diskussion dieses Themas vergl. A. Maier, Die Impetustheorie der Scholastik, Wien, 1940 ; A. Maier, Die Vorläufer Galileis im 14.Jahrhundert, Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik, Roma, 1949.
94) Fracastoro {11}, fol. 5 B.
95) Vergl. S. 11 und 12.
96) Fracastoro {11}, fol. 5B.
97) Fracastoro {11}, fol. 5 C.
98) Vergl. Fracastoro {11} fol. 5 C ; Aristoteles, De caelo, 289 b 33.
99) Fracastoro {11}, fol. 5 D.
100) Fracastoro {11}, fol. 6 A.
101) Fracastoro {11}, fol. 6 B ; Weder über die drei Momente der Bewegung bei Aristoteles (1. das Bewegende, 2. das, wodurch die Bewegung vermittelt wird, 3. das Sichbewegende) noch über das Problem des unbewegten Bewegers der ersten Sphäre (Phys. 267 b 9) wird hier oder sonst in den "Homocentrica" diskutiert. Fracastoro stellt für die erste Sphäre fest, daß diese deshalb in nur eine Richtung rotiert, weil "sie nichts über sich hat",(fol. 5 D). Über das fahrende Schiff als methodisches Hilfsmittel zur Veranschaulichung der der Relativbewegung bei anderen Autoren vergl. W. Kuhn, Das Problem der Relativbewegung bei Huygens, Diss., Frankfurt am Main, 1970, S. 21.
103) Fracastoro {11}, fol. 6 B.
104) Fracastoro {11}, fol. 6 C.
105) Fracastoro {11}, fol. 6 D und 7 A ; Aristoteles, Phys., 243 a 17.
106) Fracastoro {11}, fol. 7 B.
107) Fracastoro {11}, fol. 7 B.
108) Fracastoro {11}, fol. 7 B.
109) Vergl. Aristoteles, Meteor., 342 a 24 ; Aristoteles, Probl. mech., 848 b 1 ff.

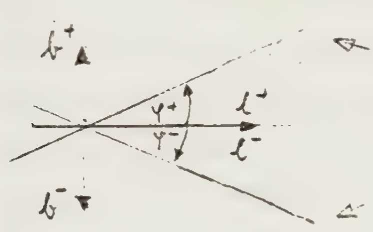
110) Fracastoro {11}, fol. 7 B.
111) Fracastoro {11}, fol. 7 B und 7 C.
112) Fracastoro {11}, fol. 7 C . Bezug auf die Skizze, in der die "gerade Linie" die Strecke $\overline{BC}$ ist.
113) Fracastoro {11}, fol. 7 C.
114) Fracastoro {11}, fol. 7 C.
115) Fracastoro {11}, fol. 7 C.
116) Fracastoro scheint durch "Mitnehmen" die Bahngeschwindigkeit eines Punktes auf dem Äquatorkreis zu umschreiben. Beide Sphären liegen für den Verlauf dieser Betrachtung achsenparallel und konzentrisch.
117) Fracastoro {11}, fol. 7 C und 7 D ; Aristoteles spricht bei der Überlagerung gerichteter Größen exakter von stumpfen Winkeln (Probl. mech., 855 a 1 ff). Die Bezeichnungsweise Fracastoros bei dem Übergang von der Ebene zu den Sphären ist deshalb anders, weil er bei seinen Überlegungen nicht von einem Angriffspunkt gerichteter Größen ausgeht, sondern von sich schneidenden mittleren Kreisen zweier Sphären, die immer einen spitzen Winkel zueinander haben.
118) Richtig in der Ebene: Bei der Änderung des Winkels zwischen gleichbleibenden Vektoren ändert die Resultierende Größe und Richtung.
119) Vergl. S. 28 ff.
120) Fracastoro {11}, fol. 7 D : Dies ist die Beschreibung einer Kardanischen Aufhängung.
121) Vergl. Aristoteles, De caelo, 269 a 5 - 7.
122) Vergl. Aristoteles, Probl. mech., 849 a 19 ff.
123) Fracastoro {11}, fol. 8 A.
124) Fracastoro {11}, fol. 8 B.
125) Fracastoro {11}, fol. 8 A.
126) L. Ideler, Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie, Berlin, 1825, Band 1, S. 137 - 139.
127) Scaliger, Emend. temp. I. III. p. 197 zitiert nach Ideler {126} , S. 139.
128) Vergl. S. 82 .

129) Vergl. Aristoteles, De caelo, II 1 ff.
130) Fracastoro {11} ,fol. 8 B.
131) Fracastoro { 11} , fol 8 B; Aristoteles, De gen. et corr., 336 a 32, b 12 und b 22.
132) v. Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie, München, 1899, S. 16.
133) Fracastoro {11} , fol. 8 B.
134) Fracastoro {11} , fol. 8 B ; Aristoteles, Meteor., 353 a 30 und b 6 - 11.
135) Fracastoro {11} , fol. 8 B.
136) Vergl. S. 13 und 14.
137) Vergl. S. 15.
138) Vergl. S. 15 - 18.
139) Vergl. S. 19 und 20.
140) Vergl. S. 20 und 21.
141) Vergl. S. 21 - 23.
142) Fracastoro {11} , fol. 10 C (Überschrift zu Kapitel 3 im Teil II).
143) Fracastoro {11} , fol. 11 A und 11 B.
144) Vergl. Aussage 2 auf S. 24.
145) Fracastoro {11} , fol. 11 B.
146) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 11 B - 11 C (Bezug auf Teil II , Kapitel 4) . Über die Bedeutung des Begriffs "einfach" bei der Beschreibung einer kreisförmigen und gleichförmigen Bewegung vergl. N. Copernicus, Über die Kreisbewegungen der Weltkörper, Erstes Buch, Herausgegeben von G. Klaus, Philosophische Studientexte, Berlin, 1959, S. 111 .
147) Fracastoro {11} , fol. 11 B.
148) Vergl. Aussage 6 auf S. 24.
149) Fracastoro {11} , fol. 11 C.
150) Vergl. Aussage 5 auf S. 24.
151) Fracastoro {11} , fol. 11 B und 11 C.
152) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 11 C - 12 B (Bezug auf Teil II , Kapitel 5) .

153) Fracastoro {11} , fol. 11 D ; Aristoteles, De caelo, 291 b 1 ff.
154) Fracastoro {11} , fol. 11 D und 12 A . Vergl. Aussage 4 auf S. 24.
155) Vergl. Aussagen 4 und 5 auf S. 24.
156) Fracastoro {11} ,fol. 12 A .
157) Da Fracastoro die tägliche Bewegung allen Planeten zuordnet, muß diese Art der Überlagerung vorhanden sein. Es ergibt sich aber ein Widerspruch zu seinen Prinzipien, denn die Planetenbahn (Ekliptik) und der mittlere Kreis der ersten Sphäre (Äquator) liegen nicht parallel, was eine Resultierende mit anderer Geschwindigkeit zur Folge hat.
158) Fracastoro {11} , fol. 12 A .
159) Fracastoro {11} , fol. 12 B .
160) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 12 B - 12 D (Bezug auf Teil II , Kapitel 6).
161) Fracastoro {11} , fol. 12 B .
162) Fracastoro {11} , fol. 12 C .
163) Fracastoro {11} , fol. 12 C .
164) Vergl. Peurbach, Theoricae novae planetarum, Wittenberg, 1553.
165) Fracastoro {11} , fol. 12 D ; Zur Diskussion der Rotation homogener und nichthomogener Sphären bei Galilei und in der Antike vergl. W. Hartner - M. Schramm, La Notion de l' "Inertie" chez Hipparque et Galilée, Vol. 11 de la Collection des Travaux de l Académie Internationale d'Histoire des Sciences, Firenze, S.132 ; W. Hartner, Galileo's Contribution to Astronomy, Vistas in Astronomy, Vol. 11, Oxford & New York, 1968, S. 34 ff (Jetzt : W. Hartner, Oriens - Occidens, Hildesheim, 1968, s. 512 ff).
166) Fracastoro{11} , fol. 12 D.
167) Fracastoro {11}, fol. 8 C (Überschrift zum 13. Kapitel des ersten Teils).

168) Die Achsen der Sphären bilden immer einen Winkel von $\pi/2$ und deshalb hat keine "Bewegungsrichtung" eine Komponente in der anderen "Bewegungsrichtung".
169) Vergl. S. 15.
170) Fracastoro {11} , fol. 8 C.
171) Fracastoro {11} , fol. 8 C.
172) Fracastoro {11} , fol. 8 C und 8 D.
173) Vergl. S. 39 - 43 und S. 111 ff.
174) Die Bewegung der Achse dieser Sphäre wird im weiteren Verlauf der Untersuchung mit "Umschwung" bezeichnet.
175) Fracastoro {11} , fol. 8 D.
176) Fracastoro {11} , fol. 8 D.
177) Fracastoro {11} , fol. 8 D (Überschrift zum 14. Kapitel des ersten Teils).
178) Fracastoro {11} , fol. 8 D ; Vergl. S. 59.
179) Der größte Durchmesser der Ovale ist somit gleich dem Durchmesser des Parallelkreises. Vergl. den dritten Ansatz auf S. 42.
180) Fracastoro {11} , fol. 8 D und 9 A.
181) Fracastoro {11} , fol. 9 A.
182) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 18 A ff.
183) Fracastoro {11} , fol 8 D.
184) Fracastoro {11} , fol. 9 A.
185) Fracastoro {11} , fol. 9 A.
186) Fracastoro {11} , fol. 9 B ; Aristoteles, De motu an., 699 a 17.
187) Der Ausdruck "septentrionalis inferior" wurde mit "unterhalb des Nordens" übersetzt, was eine Bewegung vom Nordpol weg beschreiben soll, während "septentrionalis superior" eine Bewegung zum Nordpol hin umschreibt. Analog dazu "meridionalis inferior" und "meridionalis superior".
188) Fracastoro {11} , fol. 9 A und 9 B . Die Grundlage für alle Aussagen liegt darin, daß eine Überlagerung der Bewegungsrichtungen der mittleren Kreise angenommen wird.

189) Fracastoro {11} , fol. 9 B.
190) Fracastoro {11} , fol. 9 B.
191) Fracastoro {11} , fol. 9 B.
192) Fracastoro {11} , fol. 9 B.
193) Fracastoro {11} , fol. 9 B.
194) Fracastoro {11} , fol. 9 A.
195) Fracastoro {11} , fol. 9 C.
196) Vergl. S. 59.
197) Fracastoro {11} , fol. 9 D.
198) Vergl. W. G. Raffe, Dictionary of the Dance, New York & London, o. J. , S. 515.
199) Fracastoro {11} , fol. 18 A.
200) Dies bedeutet, daß die Circitor-Sphäre und die Anticircitor- Sphäre gleichen Drehsinn, aber entgegengesetzten Umschwung besitzen.
201) Fracastoro {11} , fol. 20 B.
202) Ebenso wie in den "Homocentrica" wurde in der vorliegenden Untersuchung eine weitere Auswirkung nicht diskutiert, denn die mittleren Kreise von Circitor- und Anticircitor-Sphäre können eine größere Längenbewegung einer unter der Anticircitor-Sphäre liegenden Sphäre verursachen.



mittlerer Kreis Circitor-Sphäre
γ^+ Umschwung der Achse der Circitor-Sphäre

mittlerer Kreis Anticircitor-Sphäre
γ^- Umschwung der Achse der Anticircitor-Sphäre

Die Komponenten b^+ und b^- mit $|b^+| = |b^-|$ sollen sich aufheben, während l^+ und l^- mit $l^+ = l^-$ die Längenbewegung verdoppeln können. Eine Beachtung dieser Überlagerung würde keine ersichtliche Vereinfachung bewirken.
203) Vergl. S. 112.

204) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 17 A.
205) Vergl. S. 108 - 110.
206) Vergl. S. 111 und 112.
207) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 8 D und 9 A.
208) Vergl. S. 116 und 117.
209) Vergl. S. 117 und 118.
210) Vergl. S. 118 und 119 ; Über das Lemma von Nasir al-Din vergl. W. Hartner, Nasīr al-Dīn al-Ṭūsī's Lunar Theory, Physis, xi (1969), 287 - 304.
211) Die erste Sphäre ist bei allen in den "Homocentrica" beschriebenen Sphärensystemen der Fixsterne das "primum mobile" , durch welches allen unteren Sphären die tägliche Bewegung gegeben wird. Die Ungleichheit der Fixsternbewegung soll durch Sphären erzeugt werden, die zwischen das "primum mobile" und die Fixsternsphäre gesetzt werden.
212) Fracastoro {11} , fol. 16 D.
213) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 16 D und 17 A.
214) al-Zarqāllu gibt 1850 Jahre als Periode an. Vergl. B. Goldstein, On the Theory of Trepidation, Centaurus, 10 (1964 - 65), S. 241.
215) Fracastoro meint die Größe der Trepidation nach den Alfonsinischen Tafeln. Vergl. A. Wegener, Die Alfonsinischen Tafeln, Diss., Berlin, 1908.
216) Fracastoro {11} , fol. 17 A.
217) Vergl. S. 111 - 113.
218) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 16 D und Anm. 214).
219) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 17 A und 17 B.
220) Fracastoro {11} , fol. 17 A.
221) Fracastoro {11} , fol. 17 B.
222) Fracastoro {11} , fol. 17 B.
223) Fracastoro {11} , fol. 17 C.
224) Fracastoro {11} , fol. 17 C.

225) Vergl. S. 34 - 36.
226) Fracastoro {11} , fol. 17 D ; Vergl. dazu die ausführliche Beschreibung der Erzeugung der synodischen Ungleichheit beim Saturn (fol. 21 D - 22 A).
227) Fracastoro {11} , fol. 17 D.
228) Fracastoro {11} , fol. 17 D ; Vergl. Anm. 186).
229) Fracastoro {11} , fol. 17 D.
230) Vergl. Skizze S. 31.
231) Vergl. S. 39 und 40.
232) Fracastoro {11} , fol. 18 A und 18 B.
233) Fracastoro {11} , fol. 18 B.
234) Vergl. Aussage 3 auf S. 24.
235) J. B. Amici, Cosentini de Motibus corporum coelestium iuxta principia peripatetica sine eccentricis et epicyclis, Venetiis, 1536.
236) Vergl. N. Swerdlow, Aristotelian Planetary Theory in the Renaissance: Giovanni Battista Amico's homocentric spheres, Journal for the History of Astronomy, Vol. 3, Part 1, 1972.
237) Vergl. Aristoteles, Metaphysik Lambda, 1073 b 1 ff.
238) Vergl. Carmody, Al-Bitruji: De motibus celorum, Berkeley, 1952 ; B. Goldstein, Al-Bitruji: On the Principles of Astronomy, New Haven, 1971.
239) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 1 C und Dreyer, {4} , S. 298, Anm. 1.
240) Vergl. Goldstein, {238} , S. 3 - 49.
241) Fracastoro {11} , fol. 44 D - 46 C.
242) Vergl. Aristoteles, De caelo, 291 b 2 (über die jeder Sphäre eigene Bewegung) ; Aristoteles, Metaphysik Lambda, VIII (über die Lage der Sphärenachsen) ; S. 13 - 28.
243) Vergl. Aristoteles, De gen. et corr., 336 a 10 - a 17.
244) Vergl. Aristoteles, De caelo, 284 b 28 ff.

245) Vergl. Schiaparelli {1} ; Eine weitere Darstellung ohne mathematische Diskussion gibt H. Martin, Mémoire sur les Hypothéses astronomiques d'Eudoxe, de Callippe, d'Aristote et de leur école, Mémoires de l'Institut National de France, Tome 30, Paris, 1881.
246) Vergl. S. 3.
247) Vergl. S. 72.
248) Vergl. Contarini {17} , fol. 247 A.
249) Contarini {16} , fol. 241 D.
250) Bezeichnung der Contravectus-Sphäre im älteren System.
251) Contarini {17} , fol. 251 A.
252) Contarini {17} , fol. 245 B.
253) Contarini {17} , fol. 245 D.
254) Contarini {17} , fol. 246 F.
255) Vergl. S. 24, Aussage 3.
256) Contarini {16} , fol. 240 F ; Vergl. Aristoteles, De motu an. 699 a 1 ff.
257) Contarini {17} , fol. 248 F.
258) Vergl. Aristoteles, De motu an. 699 b 1 ff.
259) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 15 C - 16 B.
260) Fracastoro {11} , fol. 15 D.
261) Thabit b. Qurra gibt für den Radius der erzeugenden Kreise 4;18,43° . Zitiert nach Goldstein, {238} , S. 234.
262) Fracastoro {11} , fol. 15 D.
263) Carmody, {238} , S. 86.
264) "Vt si ęquinoctialis sit a b c: medius circulus Aplanes Ecliptica a d c: puncta sectionum sive aequinoctia a & c. Tropicus d equidem describet circulum a g f e ovalem : c vero describet c u t s." (Fracastoro {11} , fol. 15 D).
265) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 16 A.
266) Fracastoro {11} , fol. 16 B. ; Dies sind 359;3̄° in 49000ª.
267) Vergl. Peurbach {164} , fol. 320 ff.

268) Vergl. Dreyer {4} , S. 278 ; Wegener {215}.
269) Fracastoro {11} , fol. 16 B.
270) Fracastoro {11} , fol. 16 B ; Vergl. S. 45 - 47.
271) Fracastoro {11} , fol. 18 C - 19 D.
272) In den "Homocentrica" sind dies: Alfonsinische Tafeln, al-Battani, Ptolemäus (mit vielen von ihm überlieferten Messungen früherer Astronomen), Regiomontan, Zacutus.
273) An dieser Stelle unterscheidet sich das Vorgehen Fracastoros von dem der heutigen Wissenschaft, denn die anderen Werte sind ebenfalls den Messungen der älteren Astronomen entnommen, eine Vorhersage zukünftiger Ereignisse erfolgt nicht.
274) Dies ist auch der zeitliche "Nullpunkt" in der Alfonsinischen Theorie. Fracastoro setzt aber für eine Periode der mittleren Bewegung 36000 Jahre (nach der Alfonsinischen Theorie 49000 Jahre) an und nimmt als Periode der Trepidation 3600 Jahre (nach der Alfonsinischen Theorie 7000 Jahre).
275) Fracastoro {11} , fol. 18 C und D.
276) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 18 D ; al-Battānī (circa 858 - 929).
277) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 18 D.
278) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 18 D ; Anm. 187)
279) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 14 A - 15 B.
280) Hergeleitet aus der Beobachtung des "nördlichen Sterns im Anfang des Skorpion" (fol. 14 D), der von Ptolemäus in 6;20° Sco beobachtet wurde (Ptolemäus {70} , 8. Buch, 1. Kapitel) und für den al-Battānī eine Länge von 227;40° fand (Vergl. C. A. Nallino, Al-Battani sive Albatenii Opus Astronomicum, Mediolanum, 1899 - 1907, Bd. 1 , S. 161). Ebenso wie Kopernikus gibt Fracastoro nicht den Wert des al-Battani an, sondern 227;50° auch die Größe der Präzession ist gleich der von Kopernikus bestimmten; (Vergl. K. P. Moesgaard, The 1717 Egyptian years and the Copernican theory of precession, Centaurus , 13 (1969), S. 122 und 123).

281) Diesen zu großen Wert folgert Fracastoro aus der zunehmenden Ungleichheit.
282) Vergl. Fracastoro {11}, fol. 19 A und 19 B.
283) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 19 B ; al-Battānī {280} beobachtete Spica in 187;50°.
284) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 19 B ; In der Tabelle in den "Homocentrica" steht für 0;37,20° der Wert 0;32,20°, was eine um 0;05° falsche Summe ergibt.
285) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 19 B und 19 C.
286) Fracastoro benutzt die Beobachtungen des spanisch-jüdischen Astronomen Abraham Zacuto (1450 - 1510). Das einzige astronomische Werk des Zacuto, "großer Kodex" benannt, entstand in den Jahren 1473 - 78. Dort findet man im 9. Abschnitt eine Bemerkung über die 1474 erfolgte Bedeckung der Spica durch den Mond: "Er stand in 17;07° (17;10°) des Zeichens der Waage". (Zitiert nach B. Cohn, Der Almanach perpetuum des Abraham Zacuto, Straßburg, 1918, S. 19). Diesen Wert gibt auch Fracastoro an.
Fracastoro breichtet weiter, daß er 69 Jahre nach Zacuto Spica in 17;47° Lib beobachtete, ein im Vergleich mit den Beobachtungen des Kopernikus zu großer Wert. (Vergl. Moesgaard {280}).
287) Diesen zu kleinen Wert folgert Fracastoro aus der abnehmenden Ungleichheit.
288) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 19 C; Wert zu groß.
289) Fracastoro {11} , fol. 19 C.
290) Fracastoro {11} , fol. 19 C und 19 D ; Vergl. S. 77-81.
291) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 20 A - 20 C.
292) Vergl. S. 59.
293) Vergl. S. 52.
294) Es ist bemerkenswert, daß Fracastoro nur an einer Stelle in den "Homocentrica" die Schnittpunkte als Knoten bezeichnet. Vergl. Anm. 410).

295) Saturn : Fracastoro {11} , fol. 20 D und 21 A ;
Jupiter: Fracastoro {11} , fol. 23 C und 23 D ;
Mars : Fracastoro {11} , fol. 24 C und 24 D.

296) Angabe nur für Saturn. Vergl. Fracastoro {11} , fol. 20 C.

297) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 20 C ; Anm. 299).

298) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 23 C ; Anm. 299).

299) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 24 C ; Peurbach {164} , fol. 216 gibt die gleichen Zeichen und um 1° größere Werte an.

300) Umschreibung des Apogäums.

301) Umschreibung des Perigäums.

302) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 20 D und 21 D ; Anm. 304)

303) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 23 C ; Anm. 304)

304) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 24 C ; Peurbach {164} , fol. 86 , gibt um 1° größere Werte an.

305) Saturn : Fracastoro {11} , fol. 20 C ; Mars : Fracastoro {11} , fol. 24 C ; Vergl. Ptolemäus {70}, 9. Buch , 3. Kapitel.

306) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 20 C ; Dies sind 10754.75^d . Vergl. Anm. 309).

307) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 23 C ; Dies sind 4331.17^d . Vergl. Anm. 309).

308) Vergl. Fracactoro {11} , fol. 24 C ; Dies sind 687.21^d . Vergl. Anm. 309).

309) Die Monatslänge zu 30 Tagen folgt aus den von Fracastoro gegebenen Werten des synodischen Umlaufs des Jupiter (Vergl. Anm. 314)). Fracastoro gibt für die synodische Ungleichheit die Werte
t_1 = 13 Monate, $8^d\ 21^h$ und t_2 = 1^a, 1 Monat, 3^d, 15^h.
Setzt man voraus, daß beide Angaben das gleiche Zeitintervall umschreiben, so erhält man nur dann eine Gleichheit, wenn man für das Jahr 365.2500^d und für den Monat 30^d annimmt. Andere Ansätze mit der Jahreslänge nach Ptolemäus oder mit dem ägyptischen Jahr und verschiedenen Monatslängen führen zu keiner Gleichheit.

310) Eine Überprüfung der Angaben des Fracastoro durch die Gleichung

$$\frac{1}{J_J} - \frac{1}{S_i} = \frac{1}{S_y}$$

wobei J_J das Julianische Jahr, S_i den siderischen Umlauf und S_y den synodischen Umlauf angibt, führt zu den folgenden Werten:

Saturn

$$\frac{1}{365.2500^d} - \frac{1}{10745.75^d} = \frac{1}{378.10174^d}$$

Die Abweichung zwischen dem errechneten und dem von Fracastoro bestimmten Wert beträgt 0.00799^d, was 11.5^m entspricht.

Jupiter

$$\frac{1}{365.2500^d} - \frac{1}{4331.17^d} = \frac{1}{398.88849^d}$$

Die Abweichung beträgt 0.01349^d, was 19.4^m entspricht.

Mars

$$\frac{1}{365.2500^d} - \frac{1}{687.21^d} = \frac{1}{779.61067^d}$$

Die Abweichung beträgt 0.88932^d, was 21^h 20.6^m entspricht.

Die Angaben des Fracastoro für die Bewegungsabläufe der oberen drei Planeten zeigen, zumindest für die gut beobachtbaren Planeten, keine großen Differenzen. (Vergl. die Werte in Anm. 313) - 315)).

311) Fracastoro {11} , fol. 20 D ; Überschrift zur Tabelle, Umscheibung des synodischen Umlaufs.

312) Saturn : Fracastoro {11} , fol. 20 D ;
Jupiter: Fracastoro {11} , fol. 23 C ;
Mars : Fracastoro {11} , fol. 24 C und 25 A ; Vergl. Ptolemäus {70} , 9. Buch, 3. Kapitel.

313) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 20 D ; Dies sind 378.09375^d.

314) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 23 C ; Zweite Angabe fol. 24 A ; Dies sind 398.875^d.

315) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 24 C und 25 A. Dies sind 780.5^{d}.

316) Abstand des Planeten von der Ekliptik (?)

317) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 23 B; Anm. 318).

318) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 23 D und 24 B ; Diese Angaben sind zu groß, Fracastoro scheint die maximalen nördlichen und südlichen Breiten zusammenzufassen und deren Summe anzugeben.

319) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 24 D ; Peurbach {164}, fol. 218, gibt als maximale südliche Breite 7;30° und als maximale nördliche Breite 4;15° an.

320) Vergl. S. 84 und 85.

321) Vergl. S. 74 und 75.

322) Vergl. S. 87 - 89.

323) Fracastoro {11} , fol. 23 A.

324) Fracastoro {11} , fol. 21 C.

325) Fracastoro {11} , fol. 23 A.

326) Fracastoro {11} , fol. 21 D.

327) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 21 D und 22 A.

328) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 22 B und 23 A.

329) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 23 A und 23 B.

331) Fracastoro {11} , fol. 24 B.

332) Fracastoro {11} , fol. 23 D.

333) Fracastoro {11} , fol. 23 D.

334) Fracastoro {11}, fol. 23 D.

335) Contarini {16} , fol. 241 C.

336) Es bleibt unklar, ob Fracastoro eine Contravectus-Sphäre oder eine Sphäre zwischen den Systemen der Planeten meint.

337) Contarini {17} , fol. 250 H und 251 A.

338) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 24 B.

339) Eine ähnliche Erklärung der Breitenbewegung erfolgt für Venus (Vergl. S. 84 und 85) und Merkur (Vergl. S. 87 - 89).

340) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 25 A und 25 B ; Dieser Effekt kann nicht von der Circitor-Sphäre erzeugt werden, denn ein Zwei-Sphären-System aus Circumducens- und Circitor-Sphäre erzeugt für einen Punkt auf dem mittleren Kreis der Circitor-Sphäre eine Hippopede mit Breiten bis zu 30° und Längen bis zu 90°. (Vergl. S. 118).

341) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 25 B und 25 C.

342) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 25 C und 25 D.

343) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 25 D.

344) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 25 D.

345) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 25 D.

346) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 26 B und 26 C ; Die mittlere stündliche, tägliche und monatliche Bewegung gibt Fracastoro in einer Tabelle (fol. 25 C) nach den Werten des Ptolemäus an. (Vergl. Ptolemäus {70} 3. Buch, 1. Kapitel).

347) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 26 C.

348) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 26 C.

349) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 26 D ; Ptolemäus {70} 3. Buch, 1. Kapitel.

350) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 26 D ; al-Battani ({280}, I, S. 42) gibt mit $365^d 5^h 46^m 24^s = 365^d 6^h - \left(\frac{1}{105.88}\right)^d$ einen anderen Wert an.

351) Ibn Junis fand mit $365^d 5^h 48^m 59^s = 365^d 6^h - \left(\frac{1}{131}\right)^d$ einen nahezu gleichen Wert. Vergl. dazu Anm. 496).

352) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 26 D ; Ptolemäus({70} 1. Buch, 12. Kapitel) fand $23;51,20^\circ$.

353) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 26 D ; al-Battani({280}, I , S. 12) bestimmte den angegebenen Wert.

354) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 27 A ; Regiomantan bestimmte "nostro tempore" die Schiefe zu $23;28^\circ$. (Vergl. J. Regiomontan, Epitome in Cl. Ptolemaei, Basileae, 1543, Buch I, S. 22).

355) Vergl. Fracastoro {11} , fol 2 A ; F. Kaltenbrunner, Die Vorgeschichte der Gregorianischen Kalenderreform, Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissenschaften, 82. Band, III. Heft, Wien, 1876.

356) 25. März nach Beda . (Zitiert nach Kaltenbrunner {355}, S. 292).

357) Fracastoro {11} , fol. 30 C und 31 D.

358) Fracastoro {11} , fol. 30 D.

359) Fracastoro {11} , fol. 29 B ; Vergl. S. 24 , Aussage 4.

360) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 29 D.

361) Fracastoro nimmt die mittlere Dauer eines Jahres zu 365.2500^d (Vergl. Anm. 309) und 310)), welche auch die Jahreslänge im 4. Jahrhundert vor Christus war. Die Ungleichheit der Fixsterne bedingt eine Variation der Jahreslänge, deren Zählung im 4. Jahrhundert vor Christus beginnt.

362) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 30 A.

363) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 30 B.

364) Dieser Wert weicht stark von dem Wert des Ptolemäus ab. (Vergl. Ptolemäus {70} , 3. Buch, 1. Kapitel).

365) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 30 B.

366) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 30 B.

367) Fracastoro {11} , fol. 30 C ; Diese Aussage ist sehr ungenau, denn der Ansatz nach Ptolemäus führt zu $1^d 21^h 40^m 48^s$.

368) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 30 D.

369) Fracastoro setzt alle Werte um $0;05,20^\circ$ zu groß an und erhält eine um $0;34,20^\circ$ zu hohe Summe, was zur Bestätigung seiner Theorie sehr nützlich ist. Über die Zuverlässigkeit antiker und mittelalterlicher Beobachtungen und Zahlenangaben vergl. W. Hartner, The Rôle of Observations in Ancient and Medieval Astronomy, Journal for the History of Astronomy, Vol. 8 (1977), S. 1 - 11.

370) Dies ist im Jahre 2200. (Vergl. S. 64).

371) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 31 A.

372) Fracastoro {11} , fol. 31 A und 31 B.

373) Zeitintervall von Ptolemäus bis Regiomontan.

374) Fracastoro {11} , fol. 31 A.

375) Vergl. S. 22 und 23.

376) Fracastoro {11} , fol. 32 B.

377) Fracastoro {11} , fol. 32 D ; Die Äquinoktien sollen sich auf Kreisen bewegen. (Vergl. S. 59).

378) Fracastoro {11} , fol. 32 D und 33 A.

379) Fracastoro {11} ,fol. 33 A ; Bei einer Zusammenfassung aller Sphären (fol. 44 C und 44 D) erhält Fracastoro deshalb zwei Zahlen: 77 ohne und 79 mit diesen Sphären.

380) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 32 D und 33 A.

381) Fracastoro {11} , fol. 33 B ; Vergl. S. 24, Aussage 4.

382) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 33 B.

383) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 36 B.

384) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 33 B.

385) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 36 B - 36 D.

386) Fracastoro spricht von einer Theorie mit vier "Exzenter-Deferenten". Seine Darstellung ist dieselbe wie die der ptolemäischen Hypotheseis, er scheint aber Sphären mit gleicher Exzentrizität nicht gesondert zu zählen.(Vergl. W. Hartner, The Mercury Horoscope of Marcantonio Michiel of Venice, Vistas in Astronomy, Vol. 1, London , 1955. Jetzt: W. Hartner, Oriens - Occidens, Hildesheim 1968, S. 440 - 495).

387) Venus : Fracastoro {11} , fol. 33 B ;
Merkur: Fracastoro {11} , fol. 36 C ; Vergl. Ptolemäus {70} , 9. Buch, 3. Kapitel.

388) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 36 A ; Dies sind 586.375^{d}.

389) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 33 B ; Dies sind pro Umlauf 584.4^{d}.

390) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 36 C.

391) Dies sind 115.8724^{d} oder $115^{d}20^{h}56^{m}16.55^{s}$.

392) Venus: Fracastoro {11} , fol. 33 B, 33 C, 34 A, 34 D, 35 A, 35 B, 36 A ; Vergl. Ptolemäus {70} , 10. Buch , 1.Kapitel.
Merkur: Fracastoro {11} , fol. 36 B, 36 D, 38 C, 39 B ; Vergl. Ptolemäus {70} , 9. Buch, 7. Kapitel.

393) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 33 C ; Ptolemäus({70} , 13. Buch, 3. Kapitel) gibt 6;20° an.

394) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 37 A ; Ptolemäus {70}, 13. Buch, 3. Kapitel.

395) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 35 C.

396) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 35 B.

397) Fracastoro erwähnt diesen Effekt (wegen der geringen Auswirkung ?) nicht bei der zeitgleich zum Planeten umlaufenden Achse der ersten Circitor-Sphäre von Saturn, Jupiter und Mars.

398) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 35 D und 36 A.

399) Fracastoro {11} , fol. 39 A.

400) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 39 A.

401) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 38 D - 39 B.

402) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 39 C ; Ptolemäus gibt ebenfalls 5° an (Vergl. O. Pedersen, A Survey of the Almagest, Odense, 1974, S. 424) , heute beträgt die Neigung 5;08,43° (Zitiert nach G.Roth, Planetenbeobachter, Mannheim, 1966, S. 112).

403) Fracastoro {11} , fol. 39 C ; Überschrift zur Tabelle.

404) Fracastoro {11} , fol. 39 D ; Dies sind 27.3333^{d} .

405) Fracastoro {11} , fol. 39 D ; Überschrift zur Tabelle.

406) Fracastoro {11} , fol. 39 D ; Dies sind 27.5417^{d} .

407) Fracastoro {11} , fol. 40 A ; Überschrift zur Tabelle.

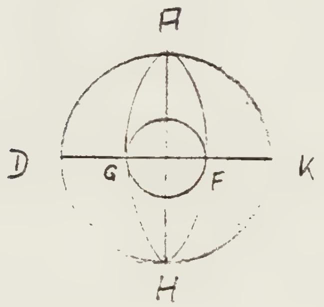
408) Fracastoro {11} , fol. 40 A ; Dies sind 29.5306^{d} .

409) Fracastoro gibt in den "Homocentrica" für den Mond und die Planeten die Größe der stündlichen und täglichen mittleren Bewegung bis auf den 6. Teil nach den Werten des Ptolemäus an (Für den Mond vergl. Ptolemäus {70} , 4. Buch, 3. Kapitel) , während die angegebenen Perioden nicht immer denen des Ptolemäus gleichen.

410) Saros-Zyklus oder andere lange vor Fracastoro bekannte Zeitzyklen zur Kalenderberechnung werden nicht erwähnt. Fracastoro benutzt nur hier die Bezeichnung "Knoten" : "Sectiones, alii nodos vocant".(fol. 39 C).

411) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 40 C ; K. Stumpff, Himmelsmechanik, Berlin, 1959, S. 22 - 42.

412) Zitat Fracastoro {11} , fol. 40 C und 40 D : "Diversitatem autem aspectus, quae in quadraturis apparet, inde fieri dicunt, q Lunae ecentricus in unam partem, Deferentes in aliam & oppositam aguntur, Ecentricus quidem pro signorum ordine in ortum, Deferentes contra in occasum : unde evenire necesse est, ut planeta in omni revolutione sua bis in abside sit, bis in antabside, vti & in Mercurio diximus. Sic enim contractis Deferentibus ovalem describi circulum necesse est, cuius longitudo multo maior sit latitudine , qualis a g h e : in quo planeta bis in abside sit in a, & h, bis in antabside in g, & e,: quare bis centro vicinior sit, bis remotior. In coniunctione igitur,& oppositione semper in abside est Luna, in quadraturis vero in antabside."



Skizze fol. 40 D

Aus der ptolemäischen Theorie ergibt sich, ähnlich wie beim Merkur, daß das Zentrum des Epizykels des Mondes ein langgestrecktes Oval beschreibt (Vergl. W. Hartner {210} , S. 297 und Fig. 10). Es ist bemerkenswert, daß diese Tatsache nirgends erwähnt wird, auch nicht bei Azarquiel, Nasir oder Peurbach, der die ovale Merkurbahn erwähnt.

413) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 41 A und 44 D.

414) Fracastoro {11} , fol. 13 D.

415) Fracastoro {11} , fol. 3 D.

416) Björnbo-Vogl, Alkindi, Tideus und Pseudo-Euklid, Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften, Leipzig, 1912, S. 48.

417) Vergl. A. E. Haas, Antike Lichttheorien, Archiv für Geschichte der Philosophie, Band XX, Neue Folge XIII. Band, Berlin, 1907, S. 354.

418) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 13 B - 14 A.

419) Gemeint sind Exzenter- und Epizykel-Sphären.

420) Der Begriff "Spezies" läßt aristotelische Einflüsse erkennen (Vergl. Arsitoteles, De anima, 419 a 17 und De sensu, 438 b 3 - 5, 446 b 27 - 28). "Spezies ist nach aristotelisch-demokritischen Begriffen ein Bild, das von dem Gegenstande ausgehend durch die Luft sich fortpflanzt und mittelst der Nerven in das Sensorium commune gelangt, wo es species impressa wird und im Bewußtsein und Erkennen sich in species expressa umsetzt." (Zitiert nach S. Vogl, Die Physik Roger Bacos, Diss., Erlangen, 1906, S. 40).
Aus der Theorie der Spezies folgt eine passive Rolle des Sehorgans, während die Theorie der Sehstrahlen (begründet durch die Philosphenschule der Pythagoreer) den Augen eine aktive Rolle zuschreibt. Fracastoro entscheidet sich für keine von beiden, er unterläßt jegliche physiologische und psychologische Untersuchung und stützt mit den beschriebenen optischen Phänomenen seine astronomische Theorie.

421) Die Verwendung des Wortes "specillum" für "Linse" (heute übliche Übersetzung: chirurgische Sonde, Spiegelchen ; Vergl. Georges, Lateinisch-Deutsches Handwörterbuch, Hannover, 1972) zeigt, daß Fracastoro hier eine gehobene wissenschaftliche Sprache benutzte. Von dem handwerklichen Ursprung der Brillenfertigung her waren die Bezeichnungen "lens" oder "lens crystallina" üblich. (Vergl. V. Ronchi, The Nature of Light, Cambridge, 1970, S. 81).

422) Gleiche Beobachtung bei Lucrez, De rerum natura, IV, 241.

423) Vergl. A. Lejeune, L'Optique de Claude Ptolémée, Louvain, 1956.

424) Es wird nicht deutlich, ob Fracastoro den Argumenten des Averroes folgt, der den Gestirnen ein eigenes, aber von der Kraft der Sonne erregtes Licht zubilligt (Arist. Stag. de Coelo libri cum Averrois . in eosdem Commentarii, Vent., MDL, Lib. II, Vol. V, § 49, fol. 62 (Zitiert nach Vogl {420} , S. 62)) oder mit Aristoteles (De caelo II 7) die Sterne als nicht aus Feuer bestehend annimmt, was er für den Mond voraussetzt, der das von der Sonne empfangene Licht zurückstrahlt und selbst nicht leuchtet. (Vergl. Fracastoro {11} , fol. 41 C).

425) Diese Beschreibung folgt der Theorie des Aristoteles: der das Sehen bedingende Vorgang geschieht durch eine Einwirkung des Objekts auf das Auge vermittels des dazwischenliegenden Mediums.

426) Diese unverständliche Aussage wird von Fracastoro nochmals erwähnt (Vergl. fol. 32 C und 32 D).

427) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 42 B - 44 C.

428) Es zeigt sich, daß allein das Medium die Vergrößerung des Bildes bewirken soll. Aus den ihm bekannten optischen Erscheinungen folgert Fracastoro zwei Proportionalitäten:

1) Vergrößerung ~ Dichte des Mediums
2) Vergrößerung ~ Länge des Weges der Spezies im Medium.

Die Abstraktion zu einem Lichtstrahl gelingt nicht, denn diese Proportionen lassen nur die Erfassung der Gesamtheit eines Bildes zu. Eine im Medium liegende Ursache der Vergrößerung wird nicht diskutiert.

429) Diese Stelle der "Homocentrica" wird oft zitiert, um zu belegen, daß Fracastoro schon den Aufbau des Fernrohrs kannte. (Vergl. S. 100).

430) Seneca (De naturalis quaestionibus, I 6) beschreibt eine Vergrößerung der Gestirne durch eine Wolke. Proclus Diadochus erklärt die Vergrößerung der Gestirne durch die Einwirkung der die Erde umgebenden feuchten Luft auf die Sehstrahlen. (Vergl. C. Manitius, Procli Diadochi Hypotyposis Astronomicarum Positionum, Lipsiae, 1909, S. 219.)

Roger Bacon (Perspectiva, Pars tertia, Distinctio secunda, Capitulum IV) vermutet, daß die Dünste eine die Vergrößerung bewirkende Linse bilden. Diese Erklärungen sind falsch. Die verschiedenen Größen der Sterne und der Sonne sind Wahrnehmungsfehler unserer Augen: nahe am Horizont bedingen die Vergleichsmöglichkeiten mit Gegenständen auf der Erde eine scheinbare Vergrößerung. (Vergl. Pertner-Exner, Meteorologische Optik, Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 1922, S. 5 - 56 ; W. Möbius, Atmosphärische Optik, Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften, VI,1. , 1972).

431) Fracastoro bezieht sich auf das 23. Kapitel im 3. Teil (fol. 42 B - 44 C).

432) Es wird deutlich, daß die "Spezies" Krafteinwirkungen beschreiben sollen, die sich nicht wie Lichtstrahlen ohne gegenseitige Beeinflussung überlagern können und so aufeinamder wirken, daß die stärkere Spezies überwiegt. Diese Vorstellung von den Spezies äußert auch Roger Bacon. (Vergl. Bridges, Roger Bacon Opus maius, II 29 - 46, 511 ff).

433) Vergl. S. Vogl, Roger Bacons Lehre von den sinnlichen Spezies und vom Sehorgane, erschienen in: Little, Roger Bacon, Oxford, 1914, S. 205 - 227.

434) Vogl {420} , S. 73 ff.

435) Vergl. besonders S. 100.

436) Vergl. Ptolemäus, Optica V (Zitiert nach Lejeune {423}); Bridges {432} , I,112 - 114 , 130 - 132 , II, 146 - 156, 165 ff, 461 - 478 , III, 110 ff.

437) Bridges {432} , II 459, 502 ff.

438) Aristoteles, De anima, 418 b 13 - 17.

439) E.Cassirer, Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und der Wissenschaft der neuen Zeit, Berlin, 1906, S. 208.

440) Vergl. Anm. 428).

441) Fracastoro {11} , fol. 32 C.

442) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 32 D.
443) R. Wolf, Handbuch der Astronomie, Zürich, 1892, S.446 ; Ptolemäus bemerkt, daß durch die verschiedenen Entfernungen kein beträchtlicher Unterschied der scheinbaren Sonnengröße beobachtet wird (Vergl. Ptolemäus {70}, 5. Buch, 14. Kapitel).
444) Al-Battani bestimmte verschiedene Sonnendurchmesser: im Apogäum 0;31,20°, im Perigäum 0;33,40° und im Mittel 0;31,30° (Vergl. Nallino {280} , Bd. 1.2, S. 291).
445) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 41 D und 42 A.
446) Fracastoro {11} , fol. 42 B und 42 C ; Diese Annahme ist aus geometrischen Gründen nicht immer richtig, denn die von L ausgehende Spezies läuft tangential in der Sphäre und trifft bei einer Verminderung der Sphärendicke KH nicht mehr auf den in Quadratur stehenden Mond.
447) Vergl. Bridges {432} , I, 120 - 124 , II, 468,539.
448) Fracastoro {11} , fol. 42 C.
449) Vergl. Anm. 429).
450) Vergl. Libri, Histoire des Sciences mathematiques en Italie, Paris, 1840, S. 101 ; Mädler, Geschichte der Himmelskunde, Braunschweig, 1873, 2. Band, 4. Abschnitt: Abriss einer Geschichte der Optik ; Poggendorf 68 , S, 127 ; Zinner, Geschichte der Sternkunde, Berlin, 1931, S. 566.
451) Bailly {59} , S. 21.
452) Boquet, Histoire de l'Astronomie, Paris, 1925, S. 248.
453) Dreyer {4} , S. 299, Anm. 2.
454) E. Hoppe, Geschichte der Physik, Berlin, 1926 im Handbuch der Physik, Band 1. Über die Geschichte der Brille vergl. Kühn-Roos, Sieben Jahrhunderte Brille, Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums, München, 1968.
455) Vergl. Ptolemäus {70} , 5. Buch, 14. Kapitel.
456) Fracastoro {11} , fol. 42 D.

457) Fracastoro {11} , 42 D.
458) Die Rotation der Circitor-Sphäre ist "langsamer" als die der Mondsphäre.(Vergl. S. 92)
459) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 43 A uns 43 B.
460) Fracastoro {11} , fol. 43 A
461) Contarini {16} , fol. 241 B und 241 C ; Dies ist eine falsche Darstellung in Bezug auf die vorliegende Form der "Homocentrica" . Es ist möglich, daß in der früheren Fassung die Größenänderung in den Quadraturen durch eine sublunare Sphäre erzeugt wurde. (Vergl. S.100).
462) Contarini {17} , fol. 250 G.
463) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 42 C - 43 B.
464) Vergl. S. 103 - 105.
465) Vergl. S. 105
467) Vergl. Aristoteles, Meteor. 344 a 1 ff.
468) Plinius, Historia naturalis, II 89 - 94 ; Seneca {430} , lib. VII ff.
469) Bezugstelle nicht erkennbar.
470) Fracastoro {11} , fol. 43 B ; Diese Behauptung ist falsch, denn Seneca setzt die Kometen über den Mond (Vergl. Seneca {430} , VIII,4).
471) Fracastoro {11} , fol. 43 C.
472) "kometai " und "pogonias" sind die Bezeichnungen der Kometen nach Aristoteles (Vergl. I. Düring, Aristoteles, Heidelberg, 1966, S. 388).
473) Fracastoro {11} , fol. 44 A : "adustionis et hipercaumatis" ; Die Übersetzung folgt Düring ({472} , S. 387), der "hypekkauma" einen "leicht entzündbaren Stoff, gleichsam einen Zunder" nennt.
474) Komet 1531 : Fracastoro {11} , fol. 43 C ; Dieser Komet ist der Halley'sche Komet (Vergl. R. Wolf {443}, S. 509). Komet 1532 : Fracastoro {11} , fol. 43 C und 43 D . Komet 1533 : Fracastoro {11} , fol. 43 D und 44 A . Eine ausführliche Zusammenstellung der Beobachtungen dieser Kometen mit den berechneten Bahnelementen findet man bei Pingré, Cométographie, Paris, 1783.

475) Apianus, Astronomicum Caesareum, Pars secunda, Nachdruck, Leipzig 1967.

476) Vergl. Pingré {474} , S. 490.

477) Es ist nicht eindeutig feststellbar, auf welche Quelle sich Pingré ({474} , S. 490, 493, 494) beruft. Er schreibt, daß Fracastoro neben den "Homocentrica" in einem anderen Werk ("dans un autre ouvrage") ebenfalls über die Kometen berichtet habe.

478) Fracastoro {11} , fol. 43 C.

479) Vergl. Pingré {474} , S. 490 und 491.

480) Das Zeitintervall "an den folgenden Tagen" müßte sich bis zum 21. November 1531 erstrecken, denn erst dann befand sich Jupiter an dem angegebenen Ort (Vergl. B. Tuckerman, Planetary,lunar and solar Positions at five-day and ten-day intervals, Memoirs of the American Philosophical Society, Vol. 56.59, Philadelphia, 1962 - 64).

481) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 43 C und 43 D.

482) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 43 D und 44 A.

483) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 44 B.

484) Fracastoro {11} , fol. 44 B.

485) Vergl. Pingré {474} , S. 498.

486) Vergl. Fracastoro {11} , fol. 43 B und 43 C.

487) Fracastoro {11} , fol. 44 A.

488) Wolf {443} , S. 506 ; Dreyer {4} S. 300 ; Boquet {452}, S. 259 ; Abetti, The History of Astronomy, New York, S. 122 ; Berry, A Short History of Astronomy, New York, 1961, S. 91.

489) Vergl. P. Lebedew, Die Druckkräfte des Lichtes, Ostwald's Klassiker, Leipzig, 1913.

490) Vergl. D. Wattenberg, Peter Apianus und sein Astronomicum Caesareum, Leipzig, 1967.

491) Fracastoro {11} , fol. 7 D.

492) Tannery, Note sur le Système Astronomique d'Eudoxe, Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles, Sér. 2.1 , Bordeaux, 1876, S. 441 - 449.

493) Einfügung zur Berechnung der sphärischen Version des Lemmas von Nasir, das auch von Kopernikus in De Revolutionibus benutzt wird. (Vergl. Anm. 210)).

494) Vergl. Schiaparelli {1} ; O. Neugebauer, On the "Hippopede" of Eudoxus, Scripta Mathematica, 19 (1953), S. 225 - 229 ; W. Wunderlich, Darstellende Geometrie I , Mannheim, 1966, S. 173.

495) Vergl. S. 116.

Nachtrag

496) Der " andere Astronom " scheint Abraham Zacuto zu sein (Vergl. Anm. 286). ".... Alfonsus de Corduba Hispalensis, der 1502 in Venedig den Almanach perpetuum des Abraham Zacuto herausgab ..... gibt dort als Jahreslänge an $365^d 6^h - (\frac{1}{136})$... " (Vergl. F. Rossmann, Nikolaus Kopernikus' Erster Entwurf eines Weltsystems, Darmstadt, 1966, S. 42).

L e b e n s l a u f

Vor- und Zuname	:	Fredi Ruths
Geburtsdatum	:	18.2.1944
Geburtsort	:	Darmstadt
Familienstand	:	verheiratet seit 5.8.1966 1 Kind
Wohnung	:	Niddastr. 45, 6073 Egelsbach
26. 2. 1963	:	Erwerb des Reifezeugnisses an der Dreieich-Schule, Gymnasium, Langen
Sommer-Semester 1963 bis Winter-Semester 1967/68	:	Studium der Mathematik und Physik an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt
22. 5. 1968	:	Wissenschaftliche Prüfung für das Lehramt an Gymnasien
September 1968 bis Januar 1970	:	Vorbereitungsdienst am Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien Darmstadt II
22. 1. 1970	:	Zweite Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien
30. 1. 1970	:	Ernennung zum Studienassessor
Winter-Semester 1970/71 bis Winter-Semester 1976/77	:	Als Gasthörer an der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Besuch von Vorlesungen und Seminaren zur Geschichte der Naturwissenschaften. Bedingt durch eine starke berufliche Inanspruchnahme erfolgte die Teilnahme nur unregelmäßig.
12. 1. 1973	:	Ernennung zum Studienrat
16. 2. 1977	:	Ernennung zum Oberstudienrat

Meine akademischen Lehrer
an der
Universität Frankfurt
waren

in der Geschichte der Naturwissenschaften	: die Herrn Professoren Hartner, Saltzer
in Mathematik	: Frau Professor Dr. Moufang, die Herrn Professoren Behrens, Benz, Dinges, Köthe
in Physik	: die Herrn Professoren Barth, Dänzer, Martienssen, Müser, Süßmann